



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

**SISTEMA DE CONTROLE E
ELIMINAÇÃO DE AMÔNIA**

Leandro Elias Goerck

Lajeado, junho de 2020

Leandro Elias Goerck

SISTEMA DE CONTROLE E ELIMINAÇÃO DE AMÔNIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências Exatas e
Tecnológicas da Universidade do Vale do
Taquari - Univates, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Me. Anderson Antônio
Giacomolli.

Lajeado, junho de 2020.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo a integração de três sistemas independentes para formar, por fim, um Sistema de Controle Automatizado de Detecção e Eliminação de Amônia. A justificativa para desenvolver o presente trabalho centrou-se na necessidade de adequar as instalações de um abatedouro da região do vale do rio Taquari aos requisitos de segurança previstos na Norma Regulamentadora NR-36. Entende-se por sistema de controle e eliminação de amônia o conjunto de dispositivos utilizados para manter as concentrações de amônia nos ambientes abaixo do limite de tolerância de 20 ppm. Para atingir este objetivo a proposta deste trabalho foi integrar três sistemas na empresa: o sistema de detecção de amônia, o sistema de controle da refrigeração e o sistema de exaustão e ventilação de emergência. A integração foi feita por meio da interligação física e lógica dos controladores para que possam controlar válvulas *ON/OFF* e acionar ventiladores e exaustores com base nas leituras das concentrações de amônia. A verificação das comunicações foi feita utilizando o *software* Simply Modbus TCP Client e pelo *status* das comunicações configuradas. A validação do sistema foi feita estimulando os detectores com resíduos de amônia e observando o comportamento dos dispositivos. Por fim, é relatada a contribuição do sistema para a segurança dos operadores durante um vazamento real de amônia.

Palavras-chave: Refrigeração. Amônia. Segurança. Controle. Eliminação.

ABSTRACT

This Course Completion Work aimed at integrating three independent systems to form, finally, an Automated Control System for Detection and Elimination of Ammonia. The justification for developing the present work focused on the need to adapt the facilities of a slaughterhouse in the Vale do Taquari region to the safety requirements provided in Regulatory Standard NR-36. Ammonia control and elimination system is the set of devices used to maintain ammonia concentrations in environments below the tolerance limit of 20 ppm. To achieve this objective, the purpose of this work was to integrate three systems in the company: the ammonia detection system, the refrigeration control system and the emergency exhaust and ventilation system. The verification of the communications was made using the Simply Modbus TCP Client software and the status of the configured communications. The validation of the system was done by stimulating the detectors with ammonia residues and observing the behavior of the devices. Finally, the contribution of the system to the safety of operators during an actual ammonia leak is reported.

Keywords: Refrigeration. Ammonia. Safety. Control. Elimination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema com os três sistemas independentes.....	10
Figura 2 - Esquema simplificado de um sistema de refrigeração por compressão de vapor.	14
Figura 3 - Principais Componentes de um Sensor Eletroquímico.	17
Figura 4 - Ilustração do ciclo de processamento de um CLP.	22
Figura 5 - Frame Modbus TCP/IP.	24
Figura 6 - Esquema simplificado do Sistema de Controle da Refrigeração.	27
Figura 7 - Tela principal de monitoramento.....	28
Figura 8 - Controle da refrigeração de ambientes.....	29
Figura 9 - Tela de configuração e acompanhamento de degelos.....	30
Figura 10 - Status das válvulas.	30
Figura 11 - Programação dos horários de degelo do Choque Térmico.....	31
Figura 12 - Agendamento e configuração de degelos do Choque Térmico.	31
Figura 13 - Monitoramento dos compressores.....	32
Figura 14 - Fluxograma do sistema de refrigeração.....	32
Figura 15 - Sistema de Detecção de Amônia.....	33
Figura 16 – Conjunto de dispositivos que compõem a centrais.	34
Figura 17 - Detector de amônia ECFX -100-AS.....	35
Figura 18 – Tela de monitoramento dos detectores de amônia.	35
Figura 19 - Localização dos detectores na planta da fábrica.	36
Figura 20 - Instalação dos Exaustores.....	37
Figura 21 - Interligação dos três sistemas.....	38
Figura 22 - Algoritmo de controle das válvulas e do sistema de exaustão.....	42
Figura 23 - Na esquerda, cenário de alarme; na direita, cenário normal.....	43

Figura 24 - Opção de bloqueio de válvulas.	44
Figura 25 - Fluxograma do trabalho.	45
Figura 26 - Configuração do software e resultado.....	47
Figura 27 - Visualização das concentrações no supervisão.....	48
Figura 28 - Comparação e alteração de IPs das redes	50
Figura 29 - Detalhes da configuração da comunicação	52
Figura 30 - Comunicação entre CLP Sala de Máquinas e Tunel IBEX	54
Figura 31 - Configuração da tag produzida e consumida.....	55
Figura 32 - CLP acionado à árvore do CLP IBEX	56
Figura 33 - Bloqueio instalado nas válvulas de líquido de amônia.	57
Figura 34 - Comunicação entre Dispositivos.....	58
Figura 35 - Mapeamento da Tag.....	58
Figura 36 - Mensagem de leitura entre CLPs.....	59
Figura 37 - Esquema simplificado das comunicações.....	60
Figura 38 - Concentração de amônia no supervisão da refrigeração.....	61
Figura 39 - Alarme visual.....	62
Figura 40 - Monitoramento da amônia e da exaustão no fluxograma	63
Figura 41 - Histórico de alarmes de amônia.....	64
Figura 42 - Comparação dos gráficos dos supervisórios	65
Figura 43 - Gráfico de sensor apresentando defeito.	66
Figura 44 - Operação da válvula Automático / Manual.....	67
Figura 45 – Local do vazamento	68
Figura 46 – Esquemático do vazamento de amônia	68
Figura 47 - Detectores acionados e verificação via gráfico	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Códigos de Função Modbus.	24
Tabela 2 - Endereços Modbus dos detectores de amônia.	40
Tabela 3 - Endereços dos detectores.....	46
Tabela 4 - Configuração das transações Modbus	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Tema	11
1.1.1 Delimitação do tema.....	11
1.2 Objetivo Geral.....	11
1.2.1 Objetivos Específicos	12
1.3 Organização do trabalho	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Refrigeração	13
2.1.1 Refrigeração por Compressão de Vapor	13
2.1.2 Amônia	15
2.1.3 Detecção de vazamentos	16
2.1.4 Ventilação adequada.....	18
2.1.5 Ações de controle e proteção	18
2.1.6 Painel de controle para o sistema de refrigeração.....	19
2.1.7 Automação na refrigeração	19
2.1.8 Controladores Lógico Programáveis.....	20
2.1.9 Comunicação entre dispositivos de automação	22
2.1.10 Modbus TCP/IP	23
3 DESENVOLVIMENTO	26
3.1 Sistemas Atuais.....	26
3.1.1 Sistema de Controle da Refrigeração.....	26
3.1.2 Sistema de Detecção de Amônia	33
3.1.3 Sistema de Ventilação e Exaustão.....	36
3.2 Proposta de Integração dos Sistemas.....	38
3.2.1 Leitura das concentrações dos detectores de amônia	39
3.2.2 Alteração da lógica de controle nos CLPs	41
3.2.3 Programação dos Alarmes no Supervisório	43

3.2.4 Recurso em caso confirmado de defeitos	44
3.3 Cronograma de Projeto.....	45
4 RESULTADOS.....	46
4.1 Teste do servidor Modbus TCP	46
4.2 Interligação das redes.....	49
4.3 Comunicação do CLP da refrigeração com CPU da amônia	50
4.3.1 Alteração da lógica de controle das válvulas de líquido	52
4.3.2 Acionamento do sistema de ventilação e exaustão de emergência	53
4.4 Comunicação com CLP do Tunel IBEX	53
4.5 Comunicação com CLP do Choque Térmico.....	57
4.6 Resumo das Comunicações.....	60
4.7 Monitoramento das concentrações no supervisório da refrigeração	60
4.8 Validação de funcionamento	67
4.9 Primeira prova com vazamento real	67
5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
APÊNDICES	77
APÊNDICE A - Lógica de bloqueio das válvulas de líquido do Bacon	78
APÊNDICE B - Lógica de bloqueio das válvulas do IBEX.....	79
APÊNDICE C - Lógica de bloqueio do líquido do Choque Térmico	80
ANEXOS	81
ANEXO A – Especificações do Detector de Amônia	82

1 INTRODUÇÃO

É impossível se pensar os dias de hoje sem a tecnologia da refrigeração. Ela contribui enormemente para a humanidade de diversas maneiras: no controle da temperatura dos ambientes internos, no controle de processos industriais, na produção de comida e bebida, na refrigeração de computadores e na preservação dos alimentos (PEARSON, 2003).

Segundo Stoecker e Jabardo (2018), a preservação dos alimentos através do resfriamento foi percebida durante o transporte de carne nos países com temperatura abaixo de zero e possibilitou a indústria dos alimentos congelados. Hoje, alimentos são produzidos num país e são consumidos do outro lado do mundo graças aos sistemas de refrigeração.

Em 2010, de um total de 6300 milhões de toneladas de alimentos perecíveis produzidos no mundo, 6,3% foram preservados utilizando refrigeração (de modo congelado ou resfriado) e 31,7% utilizaram refrigeração durante o processo de produção (COULOMB; DUPONT; PICHARD, 2015). Esses dados demonstram a importância da refrigeração num âmbito mundial.

De modo geral (incluindo o segmento de condicionamento de ar), o setor de refrigeração consome 17% de toda a energia gerada no mundo e a expectativa é que o setor cresça ainda mais nos próximos anos devido ao aumento da demanda pela refrigeração em diversos setores e ao aquecimento global (COULOMB; DUPONT; PICHARD, 2015).

Para operar, os sistemas de refrigeração necessitam de uma substância para atuar como agente refrigerante. Conhecida no passado, a amônia voltou a ser utilizada

em larga escala depois de 1987 quando o CFC foi banido em mais de 181 países por seus efeitos nocivos à camada de ozônio (SERAFFIM; GODOY JUNIOR; SERRAN, 2015). A amônia apresenta diversas vantagens em suas propriedades termodinâmicas que a permitem ser utilizada em larga escala nos sistemas de refrigeração, além de ser eficiente, barata e ecologicamente correta, pois não agride a camada de ozônio (MTE, 2004).

Segundo Stoecker e Jabardo (2018), em um projeto de um sistema de refrigeração, o objetivo principal é garantir a segurança do pessoal de operação, de manutenção e das pessoas que circulam aos arredores das instalações. Ainda segundo Stoecker e Jabardo (2018), deve-se considerar também que os eventos que comprometem a segurança podem interromper a operação e exigir reparos, podendo resultar em perdas materiais e econômicas, além de causar impacto negativo à imagem da empresa (CLETO, 2009).

No Brasil, os acidentes com vazamento de amônia vêm aumentando, com muitos deles acontecendo nos caminhões durante o transporte do produto e a maioria ocorrendo na atividade industrial. Dentre as principais causas citadas estão: fugas em válvulas, selos, bombas, compressores, além da falta de manutenção preventiva, falta de treinamento para os operadores, falta de investimento em segurança e equipamentos de segurança de má qualidade (VAZAMENTOS PERIGOSOS, 2017).

Stoecker e Jabardo (2018) explicam que muitos acidentes ocorrem, pois, as instalações são antigas, não cumprem as normas de segurança e operam com equipamentos inadequados e, conforme Pereira (2016), sistemas de refrigeração com projetos desatualizados geram riscos à segurança e comprometem a operação com processos manuais.

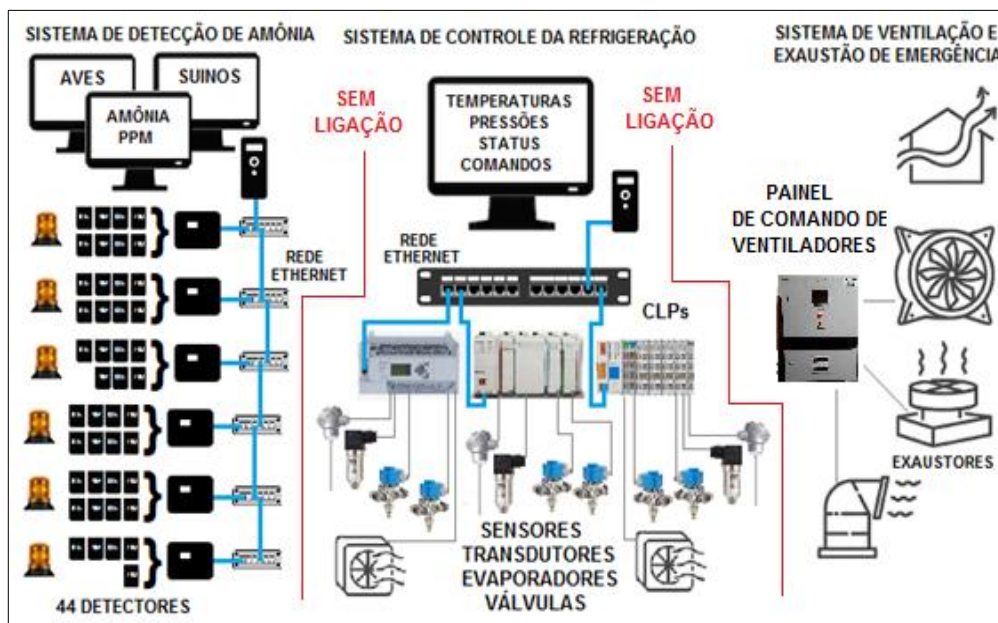
Porém, nos casos de vazamento de amônia, duas características a tornam bastante preocupante: seus efeitos nocivos à saúde devido à toxicidade e o risco de tornar-se explosiva em concentrações de 15 a 30% (MTE, 2004). Estas e outras características da amônia serão estudadas com mais detalhes no decorrer deste trabalho.

À nível mundial existem diversas normas relacionadas à segurança de instalações frigoríficas, tais como a ANSI/ASHRAE 15/2007 e a ANSI/IIAR 2/2008 dos Estados Unidos, a 378 Part 1-4 – 2008 da França e a internacional ISO 5149/1993 (CLETO, 2009). No Brasil, destaca-se a NR-36, desenvolvida especificamente para o setor, desde 2013 determina regras para serem cumpridas a fim de garantir a segurança, a saúde e a qualidade de vida no trabalho (BRASIL, 2013).

Pelos motivos mencionados anteriormente, e dada a importância de se ter uma instalação segura, este trabalho tem por objetivo principal o projeto, implementação e validação de um sistema para controle e eliminação de amônia em uma indústria frigorífica. A empresa em questão possui um sistema de refrigeração que utiliza amônia como fluido refrigerante e, portanto, nesses casos, segundo o item 36.9.3.2 da NR-36, medidas de proteção coletiva devem ser adotadas a fim de manter os níveis de concentração de amônia nos ambientes o mais baixo possível por meio de ventilação adequada (BRASIL, 2013). Caso ocorra um vazamento, o item 36.9.3.2.1.b da NR-36 define que, o Sistema de Controle de Refrigeração, equipado com detectores de gases, deve acionar automaticamente o Sistema de Controle e Eliminação de Amônia (BRASIL, 2013).

Neste trabalho é analisado um frigorífico da região do Vale do Taquari. Atualmente, este frigorífico possui três sistemas independentes, o Sistema de Controle da Refrigeração, o Sistema de Detecção de Amônia e o Sistema de Ventilação e Exaustão de Emergência, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema com os três sistemas independentes.



Fonte: Autor.

O Sistema de Controle da Refrigeração é composto de vários painéis elétricos industriais distribuídos pela fábrica. Estes painéis estão equipados com CLPs (Controlador Lógico Programável) capazes de controlar as válvulas e os motores do sistema de refrigeração e estão interligados através de uma rede de comunicação onde a informação é concentrada em uma CPU com um Sistema de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*).

O Sistema de Detecção de Amônia em operação na empresa analisada é composto por 6 centrais de controle com mais de 44 detectores de gás alocados, conectados e localizados em posições estratégicas para garantir o correto acionamento caso haja vazamento de amônia.

Caso os detectores de amônia percebam uma concentração de 30 ppm, o painel de controle deve acionar a Ventilação Exaustora de Emergência (subitem 36.9.3.2.1.b da NR-36). Este sistema deve ser capaz de remover rapidamente os gases presentes no ambiente a fim de garantir que a concentração dos gases não ofereça risco de intoxicação aos trabalhadores.

Com os sistemas separados, não é possível para o Sistema de controle da Refrigeração executar ações automaticamente num eventual vazamento de amônia. Por isso, há uma necessidade de estudar e integrar os três sistemas, aumentando o nível de segurança da instalação, adequando-o às normas vigentes, caracterizando, por fim, o Sistema de Controle e Eliminação de Amônia conforme a NR-36.

1.1 Tema

Esta monografia tem como tema principal a Integração de Sistemas visando a Segurança nos Sistemas de Refrigeração com Amônia.

1.1.1 Delimitação do tema

A integração entre o Sistema de Controle da Refrigeração, o Sistema de Detecção de Amônia e o Sistema de Ventilação e Exaustão de Emergência em um Frigorífico da região do Vale do Taquari. Caracterizando por fim, o Sistema de Controle e Eliminação de Amônia exigido pela Secretaria do Trabalho (Antigo Ministério do Trabalho) com base na norma NR-36.

1.2 Objetivo Geral

Integrar o Sistema de Controle de Refrigeração, o Sistema de Detecção de Amônia e a Ventilação Exaustora de Emergência de um Frigorífico da região do Vale do Taquari. Caracterizando por fim, o Sistema de Controle e Eliminação de Amônia exigido pela Secretaria do Trabalho (Antigo Ministério do Trabalho) com base na norma NR-36. Com isso, espera-se elevar o nível de segurança da instalação e adequá-la às normas regulamentadoras vigentes.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Ler informações dos detectores de amônia e disponibilizar essa informação nos CLPs da Automação existente;
- Interpretar os dados no Sistema de Automação existente que controla a temperatura e o degelo das câmaras para desligar automaticamente as válvulas de líquido e ligar o sistema de exaustão;
- Programar Alarmes no supervisório para alertar os operadores;
- Mostrar no supervisório informações sobre as válvulas bloqueadas pelo sistema de controle;
- Programar opção no supervisório para os casos em que seja confirmado defeito em parte do sistema de detecção, seja nos detectores ou nas centrais, em que seja possível retomar a operação normal do processo via supervisório, desconsiderando a falha apontada.

1.3 Organização do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. O segundo capítulo traz uma revisão dos conceitos básicos de refrigeração, relacionando os efeitos nocivos da amônia e maneiras de evitar e controlar os danos provocados por vazamentos. Também traz conceitos de automação industrial para o contexto do tema, faz uma breve descrição de controladores programáveis até chegar na comunicação Modbus, utilizada para implementar a proposta.

O terceiro capítulo define a proposta do trabalho com base nos estudos e demonstra a expectativa final sobre o funcionamento do sistema. O quarto capítulo apresenta os testes realizados e resultados obtidos em relação aos objetivos propostos. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão e as considerações finais em relação a este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para iniciar a compreensão deste trabalho é importante conhecer um pouco sobre o conceito e os elementos básicos dos sistemas de refrigeração.

2.1 Refrigeração

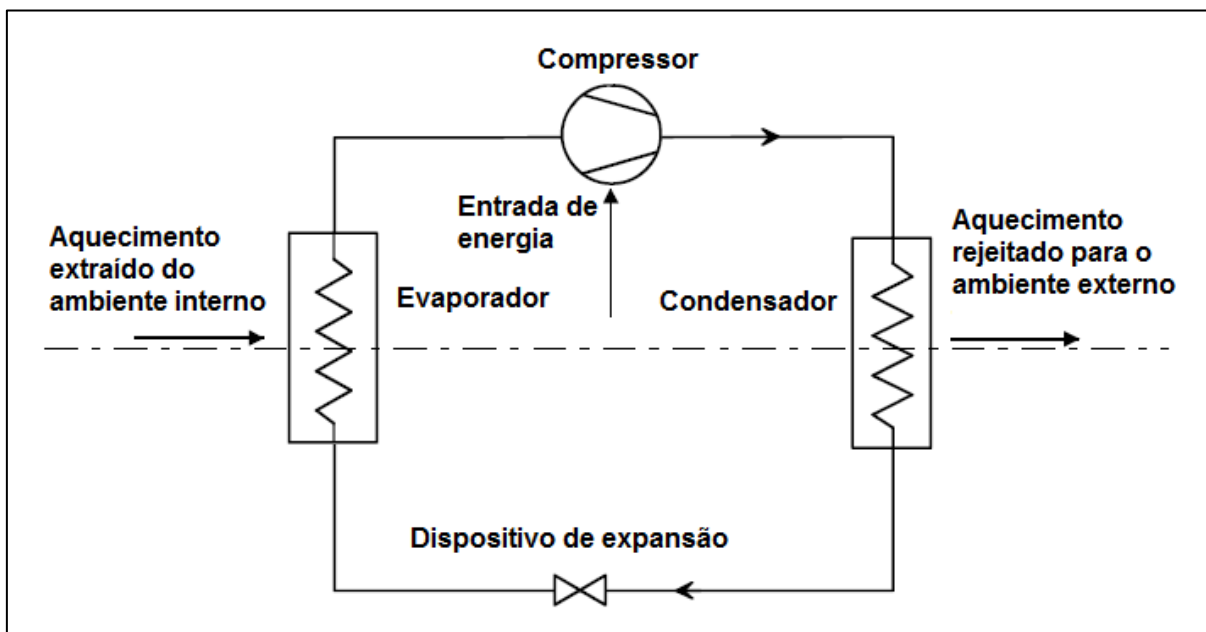
A refrigeração é o processo de transferir energia térmica do ambiente interno para um fluido circulante e em seguida transferir a energia desse fluido para o ambiente externo. O produto que deve ser resfriado é colocado no ambiente interno de modo que sua energia térmica seja transferida pelo sistema de refrigeração para fora da instalação, para o ambiente externo (LIMA, 2016).

Os principais sistemas de refrigeração são os sistemas por compressão de vapor, por absorção e por efeito termelétrico. Segundo Pereira (2016) e Lima (2016), os sistemas de refrigeração à compressão de vapor são os mais utilizados no mundo na indústria de processamento e armazenagem de alimentos.

2.1.1 Refrigeração por Compressão de Vapor

Conforme Pearson (2003), um sistema de refrigeração à compressão de vapor consiste em um fluido refrigerante circulando em um circuito fechado contendo um compressor, um condensador, um dispositivo de expansão e um evaporador, todos interconectados por tubulações. A ilustração pode ser observada na figura 2.

Figura 2 - Esquema simplificado de um sistema de refrigeração por compressão de vapor.



Fonte: Pearson (2003, p. 2).

O compressor comprime o vapor refrigerante, aumentando sua temperatura. O vapor em alta temperatura passa pelo condensador e se condensa devido às trocas térmicas com o meio exterior. O líquido em alta temperatura perde pressão quando passa pelo dispositivo de expansão. Em seguida, o líquido em baixa pressão fica tão frio que evapora ao passar pela tubulação do evaporador e remove calor do ar ambiente. O vapor refrigerante em baixa pressão é novamente pressurizado pelo compressor, reiniciando o ciclo. O aquecimento total rejeitado para o ambiente externo é a soma do aquecimento extraído do ambiente interno com a energia utilizada pelo compressor.

Muitos sistemas de refrigeração são construídos baseados no ciclo de compressão de vapor e utilizam como fluido refrigerante a amônia (REINDL e DENKMANN, 2001). Um vazamento em qualquer uma das partes do sistema de refrigeração pode expor os trabalhadores a esse fluido (BRASIL, 2017). Por esse motivo, é interessante conhecer suas principais características.

2.1.2 Amônia

A amônia é um fluido utilizado em sistemas de refrigeração em larga escala, tais como frigoríficos, fábricas de gelo, pistas de patinação, cervejarias, fábricas de laticínios e câmaras de congelamento. Isso se deve ao fato de possuir ótimas propriedades termodinâmicas, ter o melhor custo-benefício, possuir estabilidade química, além disso, possui afinidade pela água e a propriedade de não se misturar com o óleo (DOSSAT, 2004). É um composto encontrado na natureza e naturalmente se divide em hidrogênio e nitrogênio.

Embora Dossat (2004) considere o risco de utilizar amônia como fluido refrigerante como sendo negligenciável se forem tomadas precauções razoáveis, em concentrações entre 16 a 25% (160.000 a 250.000 ppm) o composto se torna inflamável e pode explodir no ar na presença de chama aberta ou faíscas (ASHRAE, 2018). Por isso as instalações de amônia não devem ter vazamentos. Caso sejam notados vestígios de óleo em conexões flangeadas ou for percebido odor de amônia próximo a válvulas, esses dispositivos devem ser verificados. Para evitar problemas mais graves é muito importante a inspeção periódica nos pontos sujeitos a vazamentos (CLETO, 2009).

Além disso, um vazamento de amônia produz sérios efeitos ao trabalhador exposto a este fluido, como resumido na Nota Técnica n.º 03/DSST/SIT:

O gás é um irritante poderoso das vias respiratórias, olhos e pele. Dependendo do tempo e do nível de exposição podem ocorrer efeitos que vão de irritações leves a severas lesões corporais. A inalação pode causar dificuldades respiratórias, broncoespasmo, queimadura da mucosa nasal, faringe e laringe, dor no peito e edema pulmonar. A ingestão causa náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. A amônia produz, em contato com a pele, dor, eritema e vesiculação. Em altas concentrações, pode haver necrose dos tecidos e queimaduras profundas. O contato com os olhos em baixas concentrações (10 ppm) resulta em irritação ocular e lacrimejamento. Em concentrações mais altas, pode haver conjuntivite, erosão na córnea e cegueira temporária ou permanente. Reações tardias podem acontecer, como fibrose pulmonar, catarata e atrofia da retina. A exposição a concentrações acima de 2500 ppm por aproximadamente 30 minutos pode ser fatal.

Além desses efeitos segundo FISPQ de 01/04/2019, a amônia é produto:

suspeito de provocar defeitos genéticos. Provoca danos aos pulmões com irritação, edema e hemorragia. Em altas concentrações pode causar parada respiratória, arritmia cardíaca e morte por asfixia. A exposição repetida e prolongada ao produto pode provocar dano pulmonar permanente.

A NR-15 estabelece um limite máximo de 20 ppm para exposição do trabalhador durante 48 horas semanais (BRASIL, 1978), a NR-09 estipula que o limite para ações de controle é de 10 ppm (BRASIL, 2017) e a NR-36 estipula medidas de proteção coletivas para manter as concentrações ambientais abaixo desse nível, tais como (1) instalação de detectores de amônia para detecção de vazamentos, (2) ventilação adequada e (3) instalação de um painel de controle para o sistema de refrigeração (BRASIL, 2013).

2.1.3 Detecção de vazamentos

A presença de amônia é facilmente detectada pelo olfato humano mesmo em concentrações pequenas como 5 ppm, devido ao seu cheiro característico (MTE, 2004). Vazamentos de amônia também podem ser detectados pelos operadores da sala de máquinas aproximando do local uma vela de enxofre, que solta uma fumaça branca quando em contato com a amônia ou aplicando uma mistura de sabão nas juntas suspeitas, nesse caso, o vazamento é indicado por bolhas que aparecem na mistura (DOSSAT, 2004).

Detectores eletrônicos portáteis também podem ser usados para detectar pequenos vazamentos, mas somente devem ser utilizados por pessoal treinado (ASHRAE, 2018).

A utilização de detectores dentro da sala de máquinas é importante como forma de proteger os trabalhadores e o patrimônio da empresa (CLETO, 2009). Stoecker e Jabardo (2018) comentam que o detector automático de amônia pode ser um investimento atraente e se justifica nas instalações que funcionam com um supervisionamento remoto.

Segundo Stoecker e Jabardo (2018), dentre os diversos princípios de operação, os detectores de amônia que mais se destacam são os constituídos de material semicondutor, cujo sinal de corrente elétrica varia de acordo com a concentração do gás no ambiente. Inclui-se neste caso, o princípio eletroquímico.

A Figura 3 ilustra os componentes principais de um sensor eletroquímico, o qual consiste em uma membrana que reage quimicamente em contato com o gás ambiente, permitindo a passagem de corrente elétrica até o circuito transdutor do sinal que, por sua vez, envia o sinal ao dispositivo capaz de se comunicar com uma central de leitura (LOWINSOHN; BERTOTTI, 2006).

Figura 3 - Principais Componentes de um Sensor Eletroquímico.



Fonte: LOWINSOHN, Denise; BERTOTTI, Mauro (2006).

Os detectores de amônia devem ser instalados nos pontos críticos de vazamento, como exemplo: condensadores, compressores, flanges, conexões e tubulações dos evaporadores, reservatórios, vasos de pressão, separadores de óleo, tubulações e válvulas existentes no sistema de refrigeração (BRASIL, 2017).

Esses detectores precisam estar interligados a um sistema de alarme e ao sistema de controle da refrigeração conforme exigência da NR-36 subitem 36.9.3.2.1 de forma que opere como um sistema de detecção precoce de vazamentos. Esse sistema deve operar de forma que detecte os vazamentos antes que ocorra risco de intoxicação dos trabalhadores (BRASIL, 2017). Cleto (2009) recomenda que seja mantida constante uma quantidade mínima de ventilação para que os detectores funcionem adequadamente.

2.1.4 Ventilação adequada

Segundo Cleto (2009) a ventilação da sala de máquinas pode ser dividida em duas categorias: a ventilação normal e a ventilação de emergência. A ventilação normal da sala de máquinas tem as funções de diluir os vapores no ar, manter os níveis de concentração de amônia abaixo de 10 ppm (BRASIL, 2017), além de evitar temperaturas elevadas, renovar o ar para os trabalhadores que estiverem na sala e melhorar a eficácia dos detectores de amônia (CLETO, 2009). A ventilação de emergência deve ser acionada quando concentrações acima de 30 ppm forem detectadas (BRASIL, 2017).

Fora da sala de máquinas, nas câmaras ou ambientes de trabalho onde existem riscos de vazamento de amônia, devem ser instalados sistemas de ventilação exaustora independentes do sistema de ventilação geral de conforto (BRASIL, 2017).

2.1.5 Ações de controle e proteção

Como forma de controlar os riscos e diminuir os danos causados por um eventual vazamento de amônia, ações devem ser executadas automaticamente pelo sistema de controle da refrigeração segundo os pontos de disparo ajustados nos detectores de amônia (CLETO, 2009; BRASIL, 2017).

- 10 ppm - Nível de ação NR-09 - Informar de forma visual no supervisório para alertar os operadores da sala de máquinas (BRASIL, 2017).
- 30 ppm - Grave e Iminente Risco à Saúde e a segurança - NR15 - Acionar alarmes visuais e sonoros no local e no supervisório. Acionar o sistema de ventilação e exaustão de emergência (BRASIL, 2017).
- 300 ppm - Atmosfera perigosa à vida e à saúde – IPVS, conforme Nota Técnica nº 03/DSST/SIT - Acionar alarmes visuais e sonoros para evacuar a instalação, acionar o sistema de ventilação e exaustão de emergência, iniciar as ações de contenção do vazamento, como o desligamento de válvulas solenoides (ASHRAE, 2018), e o desligamento de máquinas (BRASIL, 2017).

- 30.000 ppm - Para detectores específicos na sala de máquinas e nos reservatórios de amônia líquida - Nesse nível o sistema deve imediatamente iniciar a sequência de desligamento da sala de máquinas e, por fim, desligar a alimentação elétrica da sala de máquinas. Somente o sistema de controle e o sistema de ventilação e exaustão de emergência devem permanecer alimentados (CLETO, 2009; BRASIL, 2017).

2.1.6 Painel de controle para o sistema de refrigeração

O painel de controle deve ter controle total de todas as operações do sistema de refrigeração (BRASIL, 2017). A NR-36 subitem 36.9.3.2.1 define que no caso de vazamento de amônia, o sistema que controla a refrigeração deve acionar automaticamente o sistema de alarme e acionar o sistema de controle e eliminação de amônia.

Além disso, o painel de controle deve concentrar em um único local todas as informações de monitoramento, de controle e do sistema. Pode ser via *software*, desde que respeite os requisitos de controle previstos na NR-36 (BRASIL, 2017).

Por fim, o sistema de controle da refrigeração deve manter o registro das leituras dos detectores e dos demais sensores e deve integrar as funções de alarme do sistema de controle e eliminação de amônia (BRASIL, 2017).

2.1.7 Automação na refrigeração

A automação está presente por toda parte nos sistemas de refrigeração: no controle e monitoramento das temperaturas dos ambientes de trabalho, no controle de temperatura dos produtos nas câmaras frias, na operação das salas de máquinas e nos túneis de congelamento (LEKOV, 2009; ASHRAE, 2018).

Nos ambientes, os evaporadores que possuem sistema de controle para o acionamento de válvulas solenoides, para a ventilação e para o controle de degelo permitem operação automática de acordo com um *setpoint* de temperatura. Na área

externa, condensadores que possuem controle de acionamento de bombas e ventiladores permitem ajustes de acordo com a pressão de condensação. Nas salas de máquinas, compressores que possuem controle liga/desliga e de carga trabalham de acordo com a pressão de sucção (LEKOV, 2009).

Nos túneis de congelamento modernos estão presentes sistemas de controle automatizados que podem monitorar e controlar elementos da operação de refrigeração para aumentar a produtividade, a qualidade do produto e a segurança. São controladas as velocidades das esteiras, a temperatura do ar e do refrigerante, pressões, ciclos de degelo dos evaporadores, lavadoras e secadores de esteiras, a corrente dos motores, funções de alarme e segurança e outras variáveis específicas do produto sendo congelado. Esse tipo de sistema geralmente precisa de profissionais específicos para a função de monitoramento e operação (ASHRAE, 2018).

O controle eficiente em cada um dos pontos do sistema de refrigeração é muito importante pois surtos de doenças transmitidas por alimentos sempre envolvem problemas com a temperatura (ASHRAE, 2018).

Estocagens refrigeradas necessitam utilizar máquinas que consomem uma grande quantidade de energia. Poder controlar remotamente esses equipamentos significa reduzir o consumo e a demanda de energia mantendo a qualidade do produto e confiabilidade do equipamento (LEKOV, 2009).

2.1.8 Controladores Lógico Programáveis

Os Controladores Lógico Programáveis (CLP) são computadores criados especialmente para aplicações industriais. São formados basicamente por (1) uma Unidade Central de Processamento (UCP), (2) memória para armazenar o programa e outra para os dados, (3) entradas e saídas e a (4) fonte de alimentação (AGUIRRE, 2007).

A UCP é responsável pela execução das instruções armazenadas na memória de programa. Essa memória é geralmente não volátil e separada da memória de

dados, que é mais rápida e armazena o estado atual das entradas e saídas, bem como as constantes e variáveis utilizadas no programa (AGUIRRE, 2007).

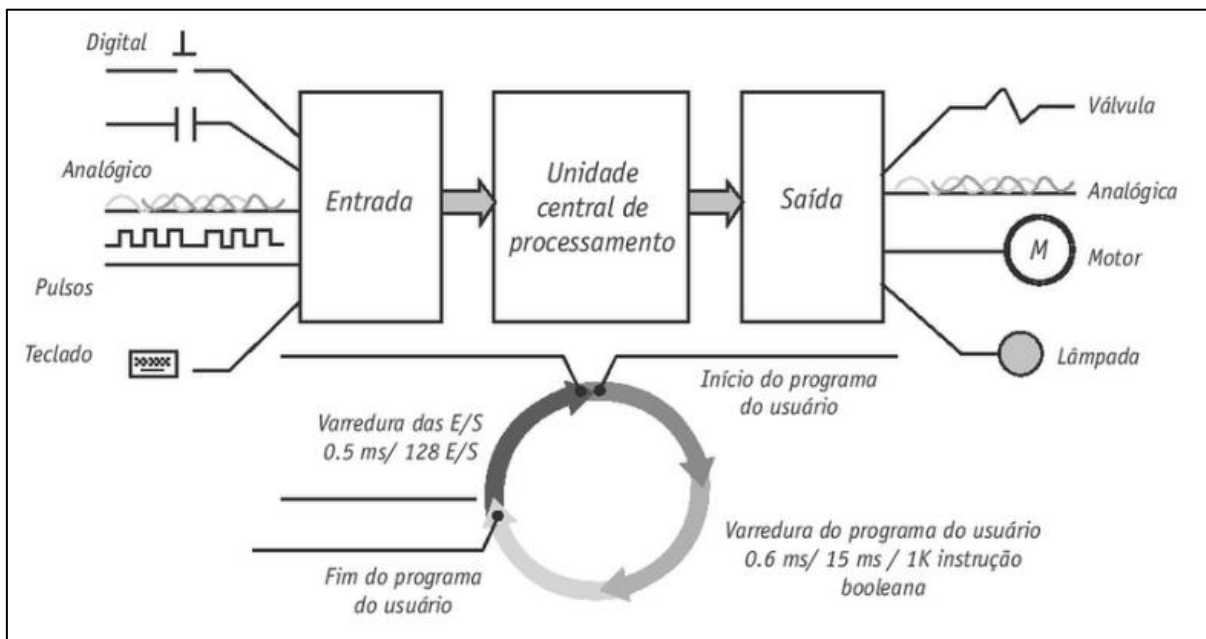
As entradas podem ser digitais ou analógicas, as digitais só aceitam dois estados (ligado ou desligado), as analógicas permitem uma quantidade que depende do conversor A/D do chip, como por exemplo, um conversor A/D de 12 bits aceita 1024 valores diferentes. São exemplos de dispositivos ligados em entradas digitais as botoeiras, microchaves, contatos de contadores, e sensores indutivos. Nas entradas analógicas podem ser ligados sensores de temperatura como termopares, Pt-100, detectores de posição como potenciômetros, sinais de 4 a 20 mA (corrente) ou 0 a 10 V (tensão) (FIALHO, 2011).

As saídas digitais dos CLPs são semelhantes às entradas digitais. Com elas podem ser acionados dispositivos como válvulas solenoides, relés, partidas de motores, luzes indicadoras e alarmes. Já as saídas analógicas fornecem tensões de 0 a 10 V ou correntes de 4 a 20 mA, que podem ser utilizadas para controlar a posição de válvulas de controle ou a velocidade de motores com inversor de frequência (FIALHO, 2011). As entradas e saídas podem ser agrupadas em módulos ou podem vir incorporados ao CLP (AGUIRRE, 2007).

As fontes de alimentação são necessárias para alimentar a CPU e para suprir as necessidades específicas dos módulos de entradas e saídas utilizados (AGUIRRE, 2007). Ademais, elas protegem os elementos internos contra surtos da rede como picos de tensão (FIALHO, 2011).

A operação do CLP consiste basicamente em realizar a leitura das entradas, executar comparações e tarefas do programa e atualizar as saídas (AGUIRRE, 2007). Estas três etapas são realizadas ciclicamente nesta mesma sequência, é o chamado ciclo de *scan* (FIALHO, 2011). Uma ilustração deste ciclo pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 - Ilustração do ciclo de processamento de um CLP.



Fonte: Sousa (2005).

Para que o CLP execute a tarefa desejada, a lógica, ou programa, deve ser escrita em sua memória na forma de instruções ou comandos. O usuário deve conhecer as linguagens de programação suportadas pelo dispositivo (FIALHO, 2011). Segundo a norma IEC 61131-3, existem 5 linguagens de programação padronizadas, são elas: IL (*Instruction List*), ST (*Structured Text*), LD (*Ladder Diagram*), FBD (*Function Block Diagram*) e SFC (*Sequential Flow Chart*). A linguagem de programação mais conhecida e utilizada é a *Ladder*, que facilitou a utilização dos CLPs pelos engenheiros e técnicos devido a sua semelhança com os antigos esquemas de relés (AGUIRRE, 2007).

Com o crescimento dos sistemas de automação industrial, e o consequente aumento da quantidade de controladores utilizados, tornou-se necessária a criação de meios de comunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes de forma confiável (NOGUEIRA, 2009).

2.1.9 Comunicação entre dispositivos de automação

Fábricas modernas são formadas por interligações entre atuadores locais controlados (esteiras, máquinas, robôs) gerenciados por meio de um controle

centralizado ou distribuído, que podem trocar informações entre si e com os níveis mais altos de controle utilizando uma rede de comunicação (AGUIRRE, 2007).

Usar redes de comunicação para trocar informações entre dispositivos ao invés de usar conexões ponto a ponto tem diversos benefícios: (1) menor quantidade de cabos passados reduz as taxas de falhas; (2) facilidade de diagnóstico de problemas; (3) facilita a interoperabilidade entre dispositivos; (4) facilita a integração de novos dispositivos na rede. Isso implica em significativa redução de custos (NOF, 2009).

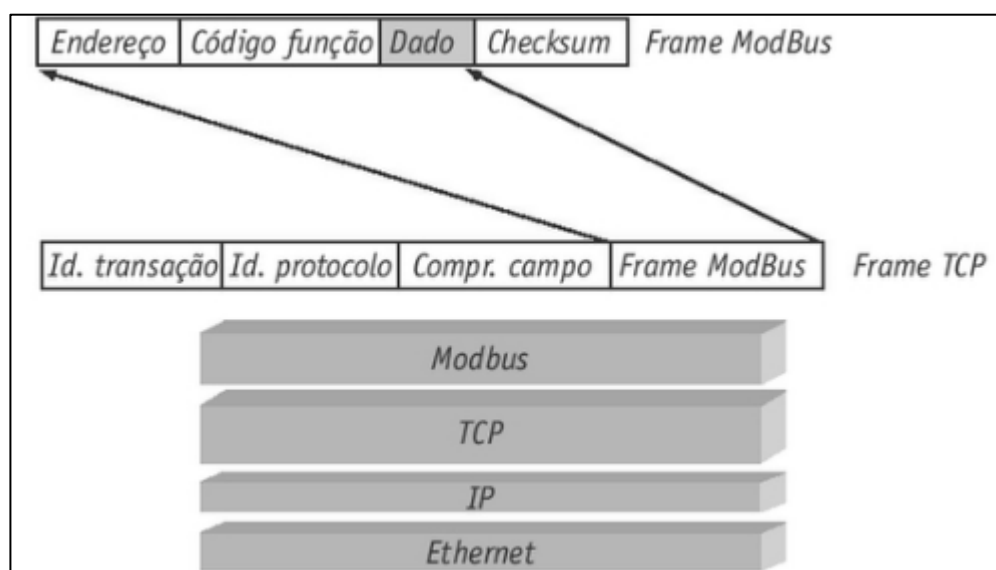
“Sistemas automatizados utilizam redes de comunicação compartilhadas” (NOF, 2009, p.238, tradução livre) e implementam diversos tipos de protocolos de comunicação, como Ethernet TCP/IP, Modbus, ProfiBus, DeviceNet, ControlNet, WiFi e Bluetooth (NOF; NOGUEIRA, 2009). Os protocolos de comunicação foram criados de acordo com modelo OSI (definido pela ISO), e cada um tem características diferentes para tratar a informação, como velocidade de dados e atrasos (NOF, 2009).

Este estudo enfatiza o protocolo Modbus TCP pois pretende-se utilizá-lo na implementação da proposta deste trabalho.

2.1.10 Modbus TCP/IP

Modbus é uma estrutura de mensagens criada pela Modicon em 1979 que disponibiliza comunicação cliente/servidor entre dispositivos conectados em tipos de redes diferentes (MODBUS, 2012). Foi rapidamente tomado como padrão utilizado para comunicação entre diferentes CLPs e sistemas supervisórios (AGUIRRE, 2007; NOGUEIRA, 2009).

Com o passar do tempo o protocolo evoluiu originando o Modbus ASCII, Modbus RTU e o Modbus TCP/IP. Este último encapsula o protocolo Modbus no protocolo TCP/IP e utiliza redes padrão Ethernet para transmitir os dados (MODBUS, 2012; AGUIRRE, 2007). O esquema básico do *frame* Modbus TCP/IP está ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - *Frame Modbus TCP/IP*.

Fonte: Aguirre (2007).

Este protocolo utiliza a ideia de pedido/resposta, ou seja, o cliente faz o pedido ao servidor, e o servidor envia uma mensagem de resposta contendo as informações solicitadas. Para fazer o pedido e a resposta nas mensagens, são utilizadas funções especificadas por códigos (MODBUS, 2012). Um resumo com os códigos de funções básicas do *frame* Modbus pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Códigos de Função Modbus.

	código	código hex
Ler Entradas Digitais	02	02
Ler Bobinas	01	01
Escrever Uma Saída	05	05
Escrever Múltiplas Saídas	15	0F
Ler Registradores de Entrada	04	04
Ler Registradores	03	03
Escrever em um Registrador	06	06
Escrever em Múltiplos Registradores	16	10

Fonte: Do autor com base em MODBUS (2012).

Na prática, para estabelecer uma comunicação Modbus TCP é necessário ter em mãos a seguinte informação: (1) endereço IP do dispositivo a ser lido; (2) porta de comunicação TCP/IP disponível; (3) tipo de transação ou código de função; (4) endereço inicial da tabela Modbus à ser lida; (5) quantidade de endereços a serem lidos (MODBUS, 2006; MODBUS, 2012).

Considerando dois dispositivos, como exemplo, um cliente e um servidor, o cliente tem o endereço IP “192.168.0.101” e o servidor tem o IP “192.168.0.103”. A porta utilizada para a comunicação foi a 502 (padrão Modbus TCP). O cliente precisa das informações contidas nos registradores números 5 e 6 do servidor, para isso, deve utilizar a função 0x03 (leitura de registradores), endereço inicial deve ser 0x0004 e a quantidade de endereços a serem lidos é 0x0002 (MODBUS, 2006). Com esses dados em mãos é possível configurar uma transação Modbus TCP entre os dispositivos e transmitir a informação do servidor para o cliente.

3 DESENVOLVIMENTO

Este estudo foi desenvolvido e aplicado em um frigorífico da região do Vale do Taquari. Neste capítulo serão expostos mais detalhes sobre cada sistema envolvido existente no frigorífico e, em seguida, é apresentada a proposta de integração desses sistemas.

3.1 Sistemas Atuais

São três os sistemas da empresa que estão envolvidos neste estudo, o sistema de controle da refrigeração, o sistema de detecção de amônia e o sistema de exaustão e ventilação de emergência. Nenhum deles possui algum tipo de interligação entre si, ou seja, funcionam independentemente um do outro. Não há troca de informações, impossibilitando que ações possam ser tomadas automaticamente em um eventual vazamento de amônia.

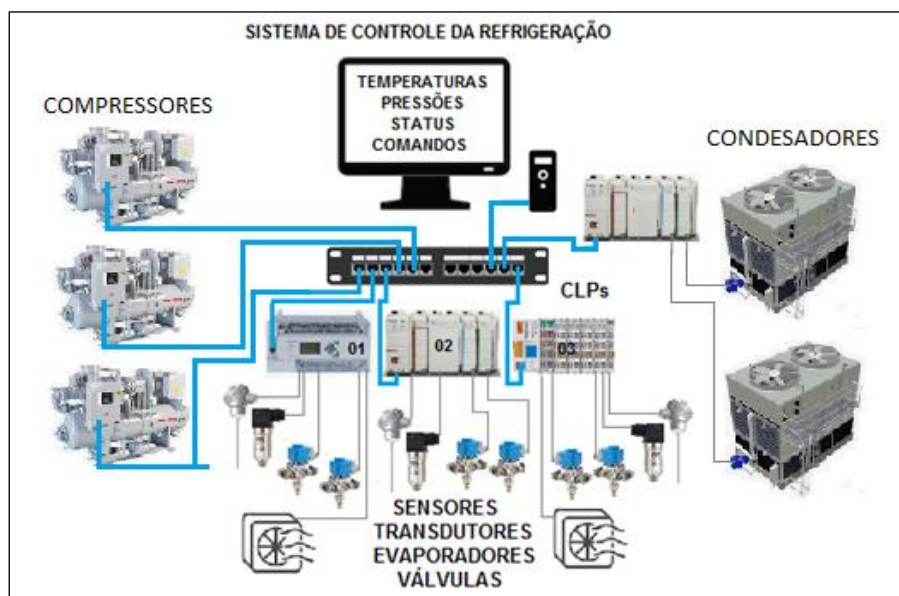
O detalhamento de cada sistema facilita o entendimento e possibilita implementar os controles após a integração.

3.1.1 Sistema de Controle da Refrigeração

Este sistema é composto por painéis com CLPs equipados com sensores de temperatura e pressão, que de acordo com a configuração ajustada, podem ligar ou desligar equipamentos como bobinas das válvulas dos evaporadores, motores de

compressores de amônia, bombas e ventiladores de unidades condensadoras. A Figura 6 ilustra os principais dispositivos de controle e os equipamentos controlados.

Figura 6 - Esquema simplificado do Sistema de Controle da Refrigeração.

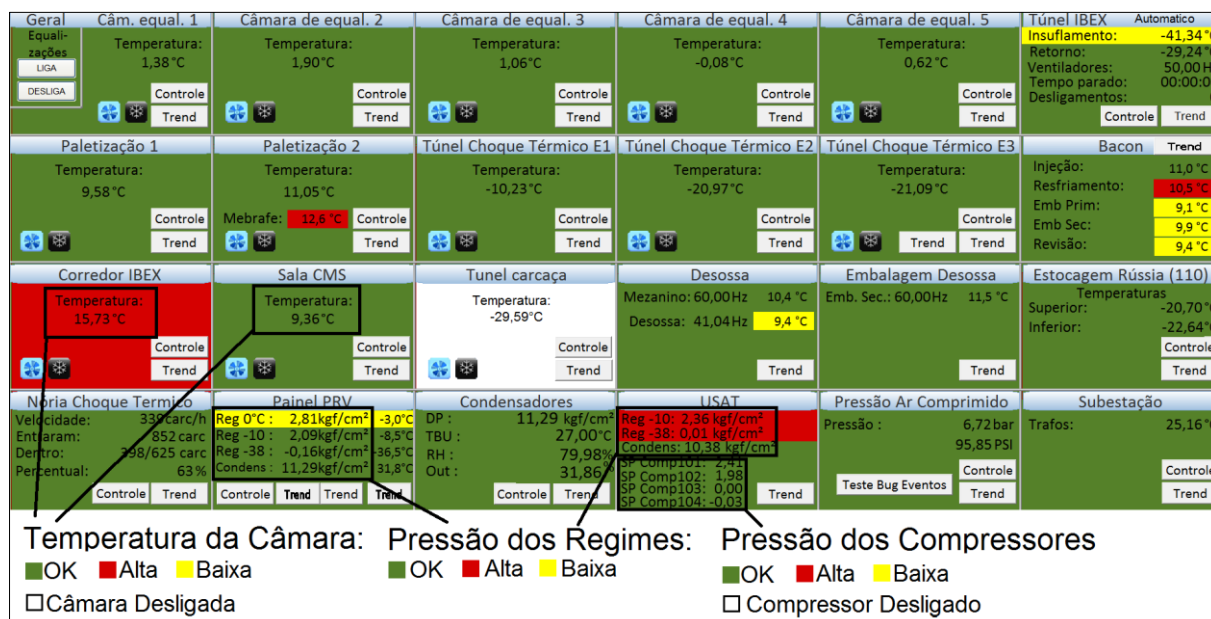


Fonte: Autor.

Os modelos de CLP mais utilizados são o L33 da linha CompactLogix e o Micrologix 1400 da Rockwell Automation. Também são utilizados dispositivos remotos como Point-IO 1734-AENT da Rockwell e o Wago *Ethernet Coupler* 750-352.

As principais informações desses dispositivos e equipamentos estão concentradas em um sistema supervisor onde é possível monitorar as temperaturas das câmaras e as pressões do fluido refrigerante, acompanhar os status das câmaras, dos compressores e dos regimes através de cores e, com isso, os operadores podem rapidamente ter uma visão geral das condições da fábrica. A tela principal do supervisor pode ser visualizada na Figura 7. Os retângulos em vermelho ao fundo dos valores indicam que pode haver algum problema nessa área, devendo ser acompanhado ou verificado no local.

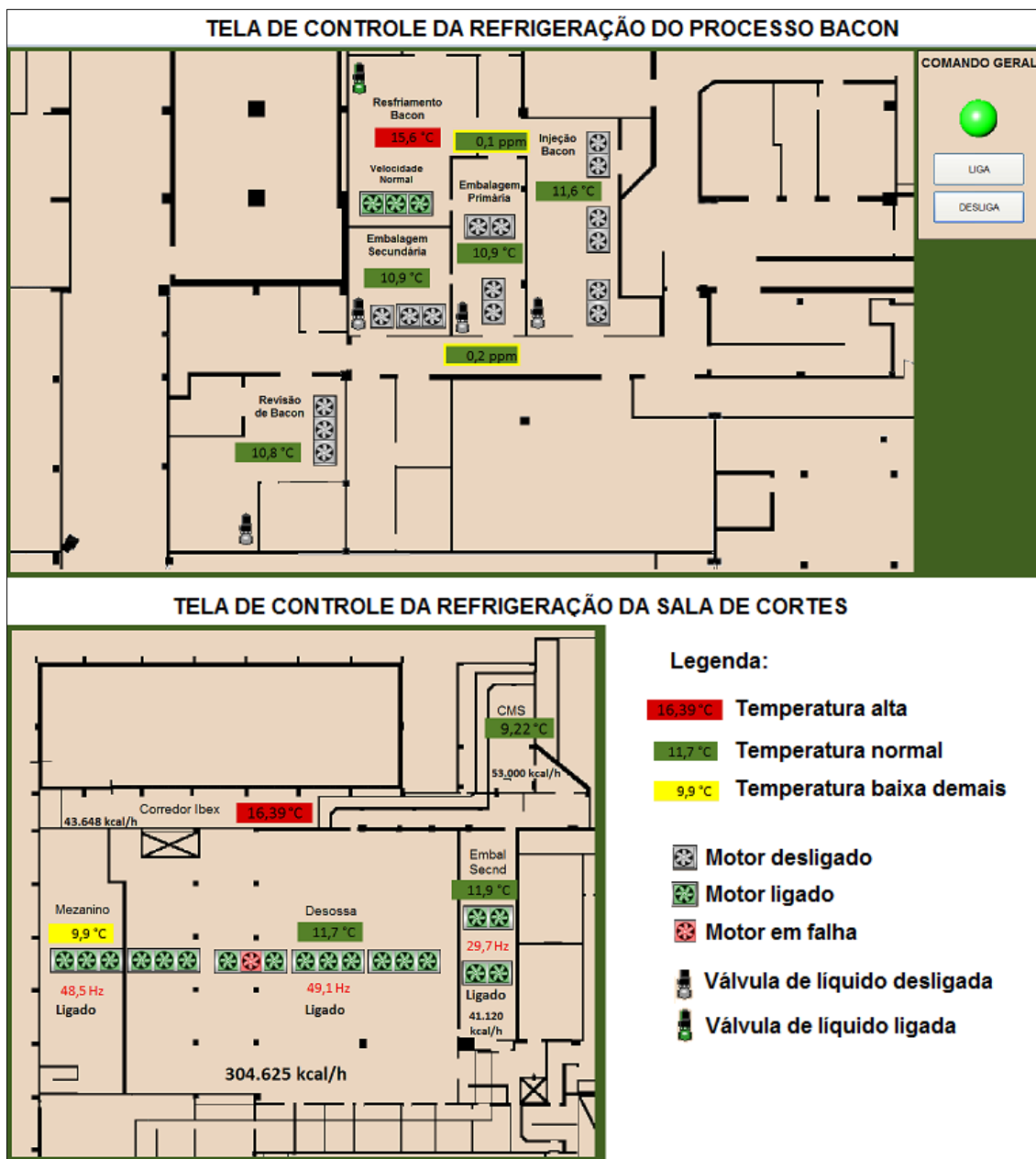
Figura 7 - Tela principal de monitoramento.



Fonte: Autor.

Os equipamentos possuem mais opções de operação na tela de controle da refrigeração de ambientes (Figura 8), onde é possível ligar e desligar a refrigeração de um setor inteiro através de botões de comando geral, monitorar as temperaturas, o status dos motores e das válvulas através de símbolos e cores, o que torna bastante simples o controle pelos operadores e facilita muito a resolução de eventuais problemas como, por exemplo, um motor em falha.

Figura 8 - Controle da refrigeração de ambientes.



Fonte: Autor.

Alguns ambientes da empresa precisam ter a temperatura mantida próxima ou abaixo de zero graus para resfriamento dos produtos, nesses casos há a formação de gelo nas aletas dos evaporadores. Para remover esse gelo são realizados ciclos de degelo nas serpentinas desses evaporadores. Estes degelos podem ser configurados e programados pelos operadores através do supervisório. Na tela é possível identificar uma câmara em estado de degelo, configurar os tempos de cada etapa e agendar os horários de início dos degelos, bem como visualizar o status dos ventiladores e das

válvulas. A Figura 9 ilustra como exemplo a indicação das telas durante um degelo na câmara de equalização 2.

Figura 9 - Tela de configuração e acompanhamento de degelos.



Fonte: Autor.

O status das válvulas também pode ser acompanhado no detalhe da tela de configuração e acompanhamento de degelos. Neste caso, o ambiente Equalização 2 possui três válvulas solenoide: líquido, retorno e gás quente (Figura 10).

Figura 10 - Status das válvulas.

Operação de Válvulas Equalização 2			
Descrição	Ação	Modo	Status
Solenóide Líquido:	Desligar	Automático	Desligado
Solenóide Retorno	Ligar	Automático	Desligado
Solenóide Gas Quente	Ligar	Automático	Ligado

Fonte: Autor.

Em algumas câmaras forma-se tanto gelo nas aletas dos evaporadores que é preciso realizar diversos degelos ao longo do dia. É o caso das câmaras do processo

de Choque térmico, onde existem 13 evaporadores de congelamento e as temperaturas de operação variam de -15°C a -35°C . São 13 blocos de válvulas, um para cada evaporador. Para cada bloco estão programados os horários de degelo que são realizados automaticamente durante o dia. Na Figura 11 pode ser visualizada a tela do supervisor com os horários de degelo (a) diurnos e (b) noturnos.

Figura 11 - Programação dos horários de degelo do Choque Térmico.

Estágio	Bloco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Rec	GQuente	Sec	1	Rec	GQuente
1	1	07:00	08:40	10:20	12:00	13:40	15:20	17:00	18:40	20:20	22:00	23:40	01:20	30:00	02	07	01	03:00	05	00
	2	07:20	09:00	10:40	12:20	14:00	15:40	17:20	19:00	20:40	22:20	00:00	01:40	30:00	02	07	01	03:00	05	00
	3	07:40	09:20	11:00	12:40	14:20	16:00	17:40	19:20	21:00	22:40	00:20	02:00	30:00	02	07	01	03:00	05	00
	4	08:00	09:40	11:20	13:00	14:40	16:20	18:00	19:40	21:20	23:00	00:40	02:20	30:00	02	07	01	03:00	05	00
	5	08:20	10:00	11:40	13:20	15:00	16:40	18:20	20:00	21:40	23:20	01:00	02:40	30:00	02	07	01	03:00	05	00
2	1	08:00	10:00	11:40	13:20	15:00	16:40	18:20	20:00	21:40	23:20	01:00	99:99	99:99	02	07	01	03:30	05	00
	2	08:00	09:40	11:20	13:00	14:40	16:20	18:00	19:40	21:20	23:00	00:40	99:99	99:99	02	07	01	03:30	05	00
	3	07:40	09:20	11:00	12:40	14:20	16:00	17:40	19:20	21:00	22:40	00:20	02:00	99:99	02	07	01	03:30	05	00
	4	07:20	09:00	10:40	12:20	14:00	15:40	17:20	19:00	20:40	22:20	00:00	01:40	99:99	02	07	01	03:30	05	00
	5	07:00	08:40	10:20	12:00	13:40	15:20	17:00	18:40	20:20	22:00	23:40	01:20	99:99	02	07	01	03:30	05	00
3	1	07:48	09:08	10:28	11:48	13:08	14:28	15:48	17:08	18:28	19:48	21:08	22:28	22:48	02	07	01	04:00	05	00
	2	08:08	09:28	10:48	12:08	13:28	14:48	16:08	17:28	18:48	20:08	21:28	22:48	00:08	02	07	01	04:00	05	00
	3	08:28	09:48	11:08	12:28	13:48	15:08	16:28	17:48	19:08	20:28	21:48	23:08	00:28	02	07	01	04:00	05	00

Fonte: Autor.

Outra tela bastante utilizada diariamente pelos operadores é a de agendamentos (Figura 12), onde é possível programar o desligamento das câmaras em horários específicos, como por exemplo, nos intervalos de almoço e troca de turno.

Figura 12 - Agendamento e configuração de degelos do Choque Térmico.

AGENDAMENTO DO CHOQUE TÉRMICO LIQUIDO

Segunda - Sexta ☒ Sábado ☐ COMANDO AGENDA

	DESLOGA	LIGA	
<input checked="" type="checkbox"/> E1	02:00	05:30	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> E2	02:30	05:40	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> E3	03:00	05:50	<input checked="" type="checkbox"/>

STATUS LIQUIDO BLOCOS

1	2	3	4	5
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

COMANDO GERAL ESTAGIOS 1, 2 E 3

☒

LIGA

DESLOGA

DEGELOS AUTOMATICOS DIURNOS

Segunda - Sexta ☒ Sábado ☐

DEGELOS AUTOMATICOS NOTURNOS

☒

DESLOGAR VALVULAS DE LIQUIDO AO DETECTAR SENSOR AMONIA S26?

☒ DESLOGAR

NÃO DESLOGAR DESLOGAR

VENTILAÇÃO E LIQUIDO

Segunda - Sexta

	DESLOGA	LIGA		DESLOGA	LIGA		DESLOGA	LIGA
<input type="checkbox"/> E1	11:30	11:45	<input checked="" type="checkbox"/> E2	11:30	12:00	<input checked="" type="checkbox"/> E3	11:30	12:05
<input type="checkbox"/>	30:30	30:30	<input type="checkbox"/>	21:45	22:10	<input type="checkbox"/>	21:45	22:20
<input type="checkbox"/>	30:30	30:30	<input type="checkbox"/>	30:30	30:30	<input type="checkbox"/>	30:30	30:30

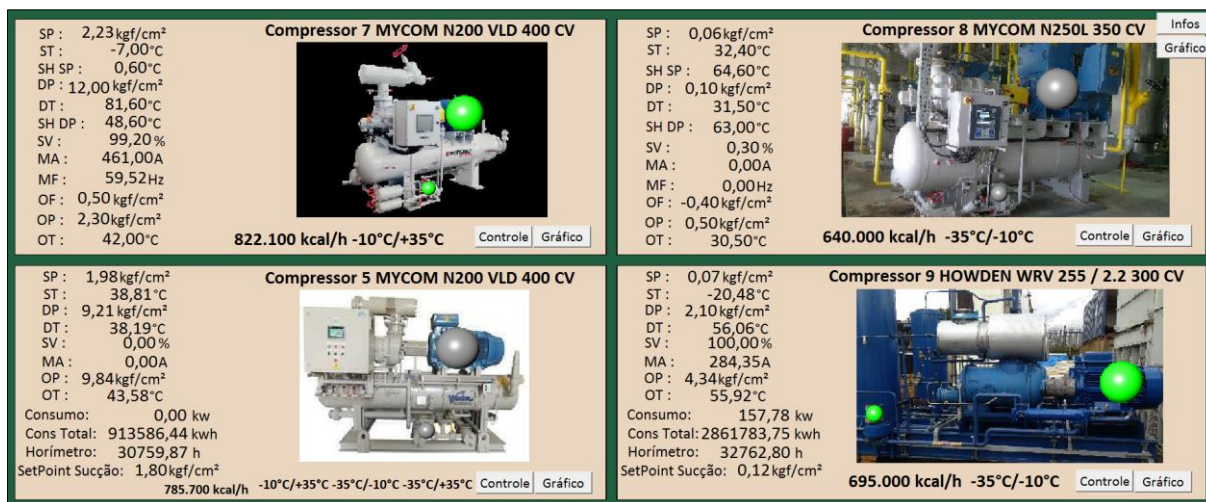
HORA DO CLP

23:57:54

Fonte: Autor.

O bom desempenho das câmaras de congelamento (estocagens) é acompanhado observando-se sua temperatura. Caso a temperatura não esteja num valor considerado normal pelos operadores, as pressões dos compressores devem ser verificadas. A Figura 13 ilustra a tela onde podem ser acompanhados os valores das pressões de trabalho de quatro compressores.

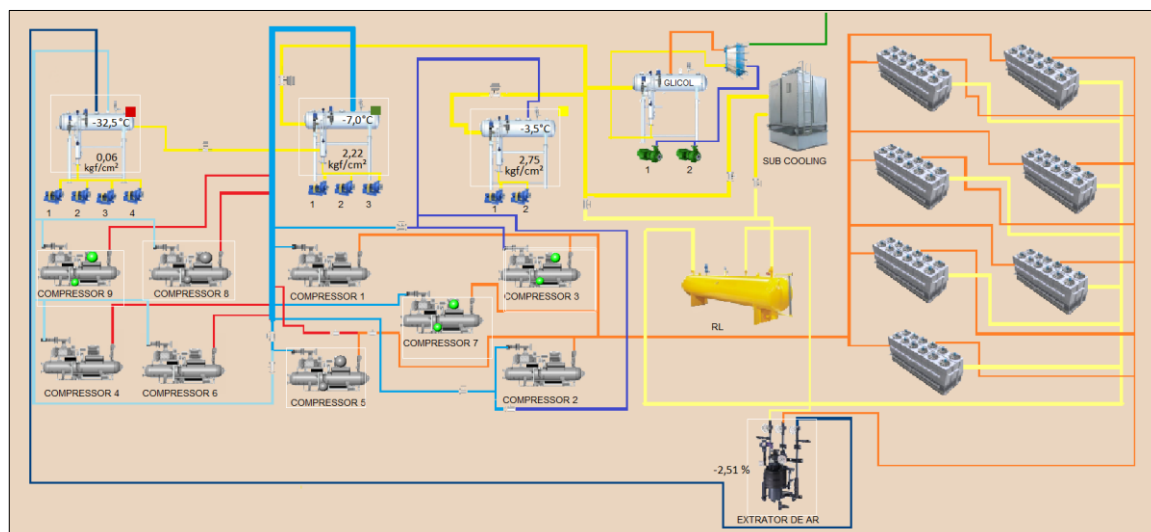
Figura 13 - Monitoramento dos compressores



Fonte: Autor.

O supervisório da refrigeração conta com uma tela que contém o fluxograma geral do sistema (Figura 14). Nesta tela é possível ter uma boa noção de todos os equipamentos que estão em funcionamento, além de servir como ponto de partida para acessar as telas dos equipamentos, como um “menu principal”.

Figura 14 - Fluxograma do sistema de refrigeração.

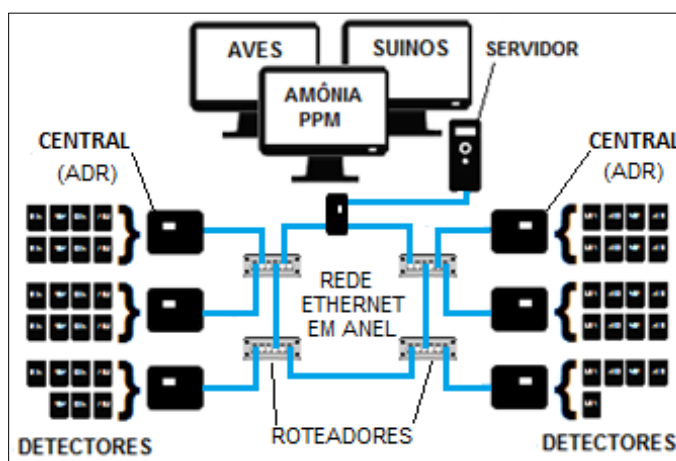


Fonte: Autor.

3.1.2 Sistema de Detecção de Amônia

Está em funcionamento na empresa o Sistema de Detecção de Amônia. São 6 centrais com mais de 44 detectores distribuídos pela planta e interligados por uma rede ethernet em topologia anel. Na Figura 15 pode ser observada a visão geral do sistema.

Figura 15 - Sistema de Detecção de Amônia.



Fonte: Autor.

O conjunto dos dispositivos que formam essas centrais são chamados de ADR. Esse conjunto é composto de uma Central 301C, um *switch* com fibra ótica, um módulo de entradas analógicas 301ADC e um módulo para acionamento de relés. A comunicação com a central 301C é via RS485, mas para interligação com os outros dispositivos do sistema é utilizado um conversor para ethernet “USR TCP 232 410s”. A Figura 16 ilustra o detalhe dos dispositivos das ADRs.

Figura 16 – Conjunto de dispositivos que compõem a centrais.



Fonte: Autor.

Os detectores de amônia utilizados são os EC-FX-NH3 fabricados pela Honeywell. Estes sensores (ANEXO A) utilizam o princípio de funcionamento eletroquímico de três eletrodos e a concentração de amônia é transmitida à central por um sinal analógico de 4 a 20 mA. A Figura 17 ilustra como estão instalados os sensores na fábrica.

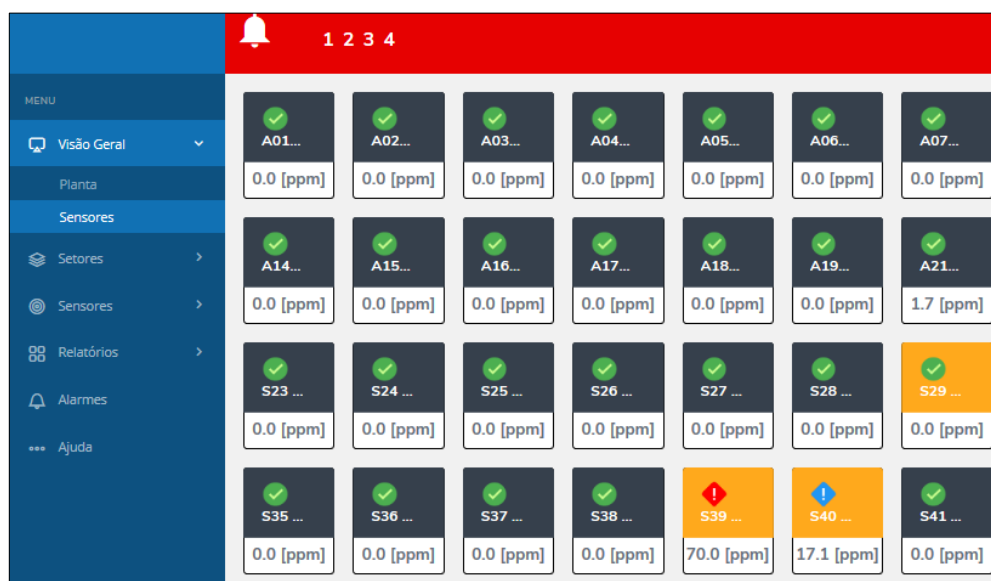
Figura 17 - Detector de amônia ECFX -100-AS



Fonte: Autor.

O sistema conta com um supervisório que permite visualizar a concentração atual em cada um dos detectores na faixa de 0 a 100 ppm. As informações aparecem em retângulos na tela, como ilustra a Figura 18.

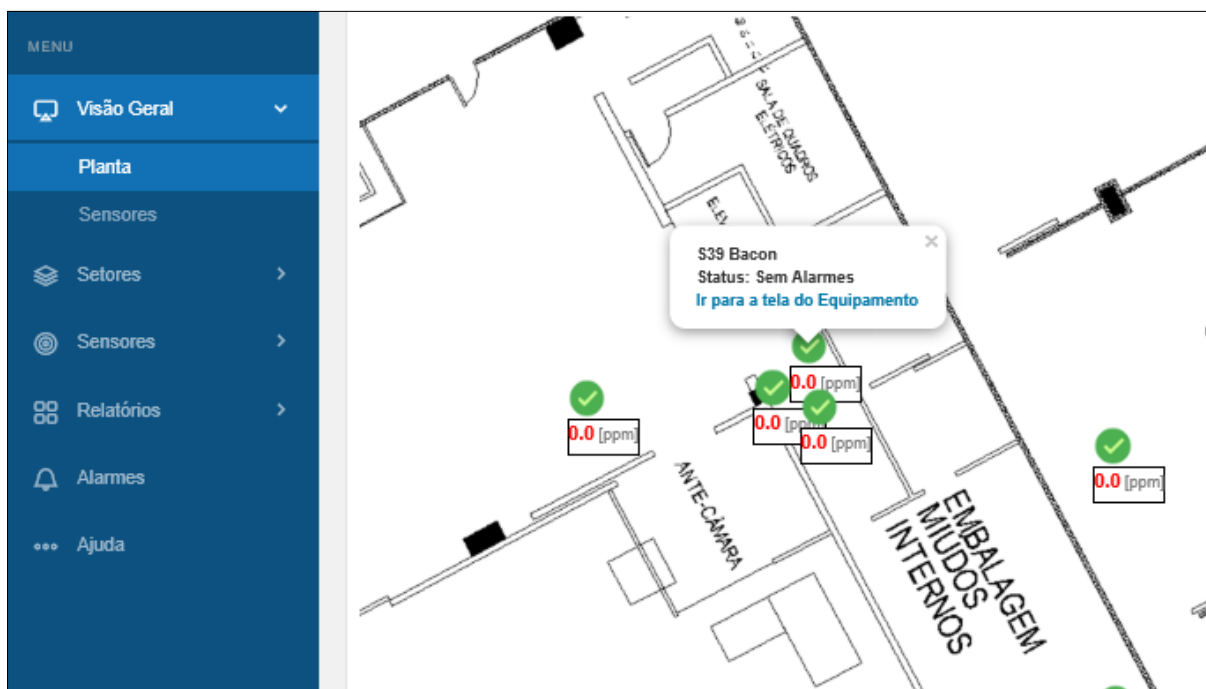
Figura 18 – Tela de monitoramento dos detectores de amônia.



Fonte: Autor.

Em caso de vazamento de amônia o sistema aciona sinais sonoros dispostos em locais adequados, informa na tela (Figura 18) qual dos detectores disparou e a localização na planta da fábrica (Figura 19).

Figura 19 - Localização dos detectores na planta da fábrica.



Fonte: Autor.

Os operadores podem então verificar a situação seguindo procedimento adequado e, quando o vazamento for solucionado, o sistema permite resetar o alarme e registrar a causa do disparo.

O supervisor armazena todos os eventos em banco de dados SQL e possui recurso de geração de relatórios em formato de lista de eventos e em formato de *dashboards*.

3.1.3 Sistema de Ventilação e Exaustão

O Sistema de Ventilação e Exaustão de emergência é composto por um conjunto de ventiladores e exaustores com capacidade suficiente e estrategicamente instalados para que possam remover rapidamente da instalação um grande volume de gás. Consistem em exaustores instalados no telhado com dutos contínuos

montados até o ambiente a ser ventilado, permitindo fluxo de ar direto do ambiente até a área externa, conforme ilustra a Figura 20.

Figura 20 - Instalação dos Exaustores.



Fonte: Autor.

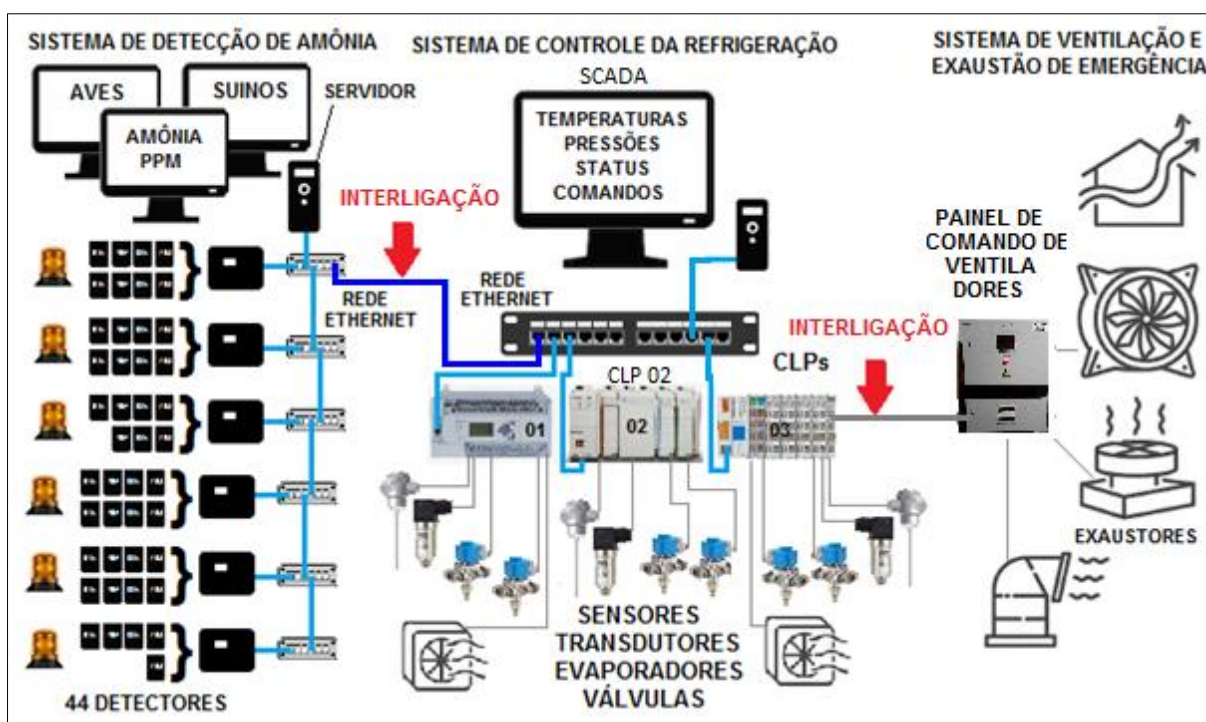
Por motivos de segurança, estes ventiladores e exaustores ficavam ligados 24 horas por dia. Após a integração, estes serão acionados automaticamente somente em caso de vazamento de amônia.

3.2 Proposta de Integração dos Sistemas

A proposta deste trabalho é integrar os três sistemas citados anteriormente. A integração possibilita intervir no sistema de controle da refrigeração de forma automática (desligamento de válvulas) com base nas leituras das concentrações dos detectores de amônia e, também, acionar o sistema de ventilação e exaustão de emergência quando for preciso.

A interligação entre o sistema de detecção de amônia e o sistema de controle da refrigeração deve ser feita conectando um cabo de rede entre as redes ethernet de cada sistema. Já a interligação entre o sistema de ventilação e exaustão de emergência e o sistema de controle da refrigeração deve ser feita com cabos de comando multivias. A Figura 21 ilustra a interligação dos três sistemas.

Figura 21 - Interligação dos três sistemas.



Fonte: Autor.

A integração exige que o sistema de controle tenha acesso às informações de concentração de amônia dos detectores, por isso, a proposta sugere a leitura das concentrações dos detectores como o primeiro item a ser implementado.

Posteriormente, com as informações já nos controladores, a proposta engloba a alteração da programação do acionamento das válvulas e a preparação da lógica para o disparo dos alarmes nos CLPs. Em seguida, a programação da visualização dos alarmes no supervisão e, por fim, são necessárias algumas considerações sobre a criação de recursos em caso de defeitos nos detectores de amônia.

3.2.1 Leitura das concentrações dos detectores de amônia

A empresa que desenvolveu o Sistema de Detecção de Amônia deixou disponíveis as informações de leitura dos detectores de amônia por meio de um servidor Modbus configurado na CPU principal. Desta maneira, é possível realizar a leitura de todas as concentrações de amônia utilizando o protocolo Modbus TCP através da rede ethernet interligada. A Tabela 2 mostra os endereços Modbus que contém a informação de cada um dos sensores na sua respectiva central.

Tabela 2 - Endereços Modbus dos detectores de amônia.

Modbus Endereço Supervisório	Central Endereço Supervisório	Sensor Endereço Central	ENDEREÇO ETHERNET	Instrumento TAG	Comunica ção Tipo	Endereço Variável Modbus	Equipame nto Tipo	Equipamento Modelo
40097	1	97	192.168.0.109	A01 Estoc. Camara 211	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
40098	1	98	192.168.0.109	A02 Palet. Tuneis 1, 3, 4	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
40099	1	99	192.168.0.109	A03 Frango a Passarinho	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
40100	1	100	192.168.0.109	A04 Forro Estocagem 310	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
40101	1	101	192.168.0.109	A06 Maquina de Corte Meim	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
40102	1	102	192.168.0.109	A07 Sala de Miudos	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
40103	1	103	192.168.0.109	A08 Entrada Giro Freezer	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
40104	1	104	192.168.0.109	A05 Forro Ante Camera 210	4-20mA	2803	Detector	Manning ECFX-100AS
40105	1	105	192.168.0.109	A33 Carregamento Aves	4-20mA	2830	Detector	Manning ECFX-100AS
40106	1	106	192.168.0.109	A31 CMS Aves	4-20mA	2857	Detector	Manning ECFX-100AS
40107	1	107	192.168.0.109	S12 Carregamento Suínos	4-20mA	2884	Detector	Manning ECFX-100AS
40108	1	108	192.168.0.109	A32 Giro Freezer	4-20mA	2911	Detector	Manning ECFX-100AS
40297	2	97	192.168.0.121	A12 Forro Paletizacao	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
40298	2	98	192.168.0.121	A13 Forro Evisceracao	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
40299	2	99	192.168.0.121	A11 Embalagem	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
40300	2	100	192.168.0.121	A09 Maquina de Gelo	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
40301	2	101	192.168.0.121	A10 Trocador de Calor	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
40302	2	102	192.168.0.121	A22 Sla Paineis Evisceracao	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
40303	2	103	192.168.0.121	A21 Cond. Mebrafe Aves Hantec	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
40497	3	97	192.168.0.117	A19 Forro Estoc. 410	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
40498	3	98	192.168.0.117	A18 Separador Liq. T4	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
40499	3	99	192.168.0.117	S20 Carreg. Suínos	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
40500	3	100	192.168.0.117	A16 Dep. Amonia Aves	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
40501	3	101	192.168.0.117	A14 GF Aves 01	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
40502	3	102	192.168.0.117	A17 Ent. Tunel 3 Aves	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
40503	3	103	192.168.0.117	A15 GF Aves 02	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
40504	3	104	192.168.0.117	A23 Painel GFA	4-20mA	2803	Detector	Manning ECFX-100AS
40697	4	97	192.168.0.111	S21 Torre Ger. Frios Suínos	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
40698	4	98	192.168.0.111	S22 Evisc. Suínos	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
40699	4	99	192.168.0.111	S23 Sala de Cabeca	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
40700	4	100	192.168.0.111	S24 A. Tunel IBEX	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
40701	4	101	192.168.0.111	S25 Forro Camera 110	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
40702	4	102	192.168.0.111	S26 Forro Choq Termico	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
40703	4	103	192.168.0.111	S27 Forro Evisc Suínos	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
40704	4	104	192.168.0.111	S43 Embalagem Secundário Suínos	4-20mA	2803	Detector	Manning ECFX-100AS
40705	4	105	192.168.0.111	S09 Saída Tratamento Térmico	4-20mA	2830	Detector	Manning ECFX-100AS
40706	4	106	192.168.0.111	S10 Interno Tunel Ibex	4-20mA	2857	Detector	Manning ECFX-100AS
40897	5	97	192.168.0.112	S28 USAT	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
40898	5	98	192.168.0.112	S29 Geracao Fumaca	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
40899	5	99	192.168.0.112	S03 Equalizacao 3	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
40900	5	100	192.168.0.112	S31 Pal. Suino 01	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
40901	5	101	192.168.0.112	S32 Palet. Suínos 02	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
40902	5	102	192.168.0.112	S33 CMS Suínos	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
40903	5	103	192.168.0.112	S34 Externo Tunel ibex	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
40904	5	104	192.168.0.112	S41 Cond. Usat	4-20mA	2803	Detector	Manning ECFX-100AS
41097	6	97	192.168.0.113	S35 Carimbo de Caraca	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
41098	6	98	192.168.0.113	S38 AMBIENTE GFS	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
41099	6	99	192.168.0.113	S40 Linguicaria	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
41100	6	100	192.168.0.113	S36 Materia Prima	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
41101	6	101	192.168.0.113	S37 Corredor caixas limpa	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
41102	6	102	192.168.0.113	S39 Bacon	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
41103	6	103	192.168.0.113	S42 Subcooling GFS	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
41297	7	97	192.168.0.40	A28 Paletizacao 2 Aves	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
41298	7	98	192.168.0.40	A24 Tunel 1	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
41299	7	99	192.168.0.40	A25 Tunel 2	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
41300	7	100	192.168.0.40	A29 Corredor Paletizacao Aves	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
41301	7	101	192.168.0.40	A26 Tunel 3	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS
41302	7	102	192.168.0.40	A27 Tunel 4	4-20mA	2749	Detector	Manning ECFX-100AS
41303	7	103	192.168.0.40	A30 Sala de Paineis GFA	4-20mA	2776	Detector	Manning ECFX-100AS
41497	8	97	192.168.0.41	S04 Equalização 4	4-20mA	2614	Detector	Manning ECFX-100AS
41498	8	98	192.168.0.41	S05 Equalização 5	4-20mA	2641	Detector	Manning ECFX-100AS
41499	8	99	192.168.0.41	S06 Corredor Paletização Suínos	4-20mA	2668	Detector	Manning ECFX-100AS
41500	8	100	192.168.0.41	S02 Equalização 2	4-20mA	2695	Detector	Manning ECFX-100AS
41501	8	101	192.168.0.41	S01 Equalização 1	4-20mA	2722	Detector	Manning ECFX-100AS

Fonte: Autor.

Como nenhum dos CLPs necessita de todas as leituras dos detectores instalados, a proposta defende que o CLP de cada setor seja configurado para requisitar à central apenas as concentrações relevantes ao seu setor utilizando as informações da Tabela 2 e o Modbus TCP como protocolo de comunicação.

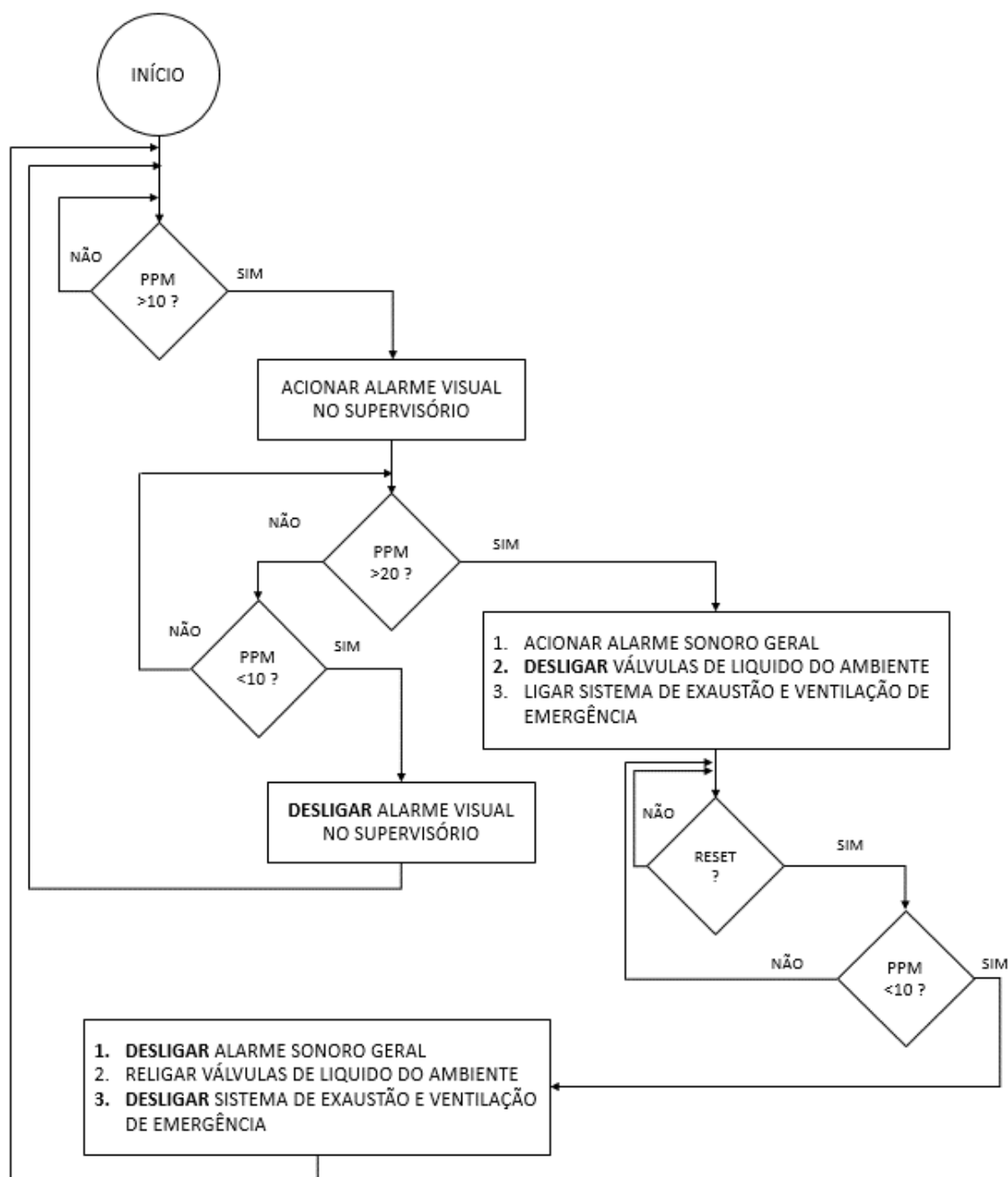
Embora haja dispositivos comuns entre os setores, como sensores de temperatura, válvulas de líquido e evaporadores, cada CLP tem a sua lógica ajustada para controlar um setor específico, sendo necessário realizar alterações pontuais na programação de cada um deles.

3.2.2 Alteração da lógica de controle nos CLPs

Com as informações das concentrações de amônia disponíveis nos CLPs do sistema de controle da refrigeração, a proposta sugere implementar uma lógica de controle nos CLPs de cada ambiente.

A lógica deve fazer com que, ao detectar um vazamento de amônia acima de 10 ppm, seja acionado um alerta visual no supervisório para os operadores. Caso a concentração detectada ultrapasse 20 ppm, seja desligada a válvula que direciona líquido ao evaporador daquele ambiente e, ao mesmo tempo, acione os ventiladores e exaustores para retirar o gás do ambiente. O algoritmo pode ser visualizado na Figura 22.

Figura 22 - Algoritmo de controle das válvulas e do sistema de exaustão.



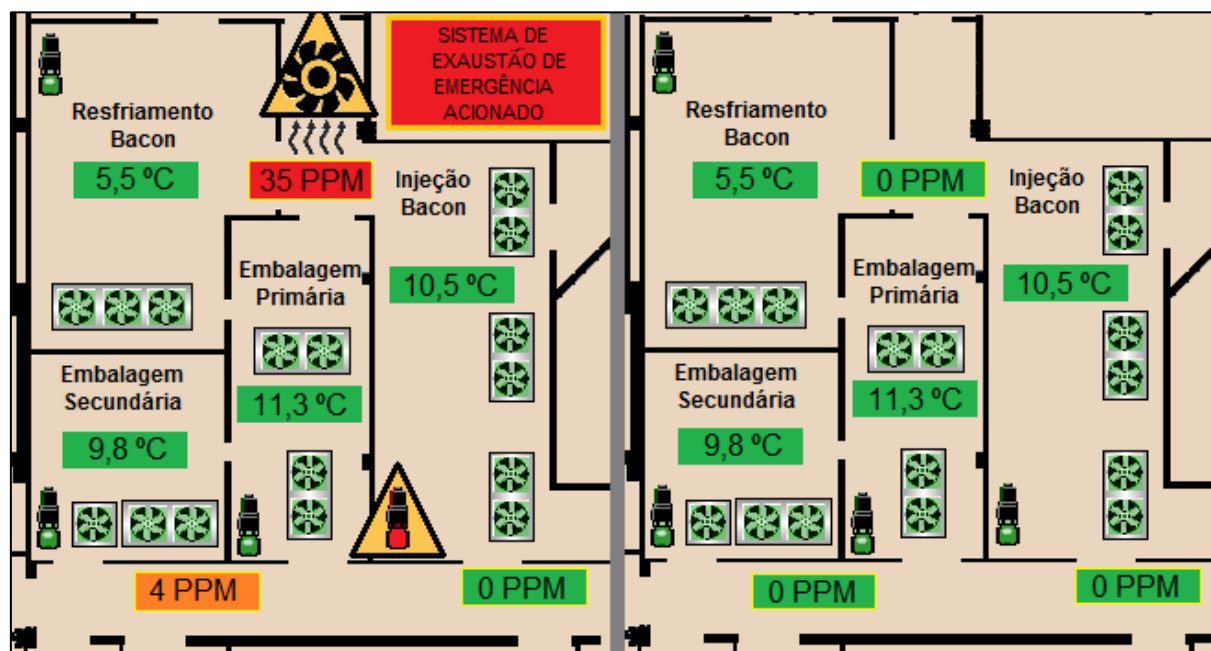
Fonte: Autor.

3.2.3 Programação dos Alarmes no Supervisório

Ao disparar um alarme o supervisório deve mostrar uma mensagem na tela e acionar um sinal sonoro. Ao reconhecer o alarme, caso o problema já tenha sido resolvido, o sinal sonoro deve ser desligado e o alarme arquivado.

A proposta engloba outro modo de visualização do alarme, na planta do setor, onde sugere-se observar as concentrações de amônia bem como a localização física de cada detector. Um esquema de cores deve ser adotado para facilitar diagnósticos, sendo verde equivalente à 0 ppm, laranja entre 0 e 20 ppm e acima disso, vermelho. A Figura 23 ilustra dois cenários: à esquerda um cenário de emergência com o detector em alarme marcando 35 ppm e uma válvula de líquido bloqueada (indicada por um triângulo amarelo) e à direita um cenário sem nenhum vazamento no setor. Esta figura foi desenvolvida baseada na tela do supervisório.

Figura 23 - Na esquerda, cenário de alarme; na direita, cenário normal.



Fonte: Autor.

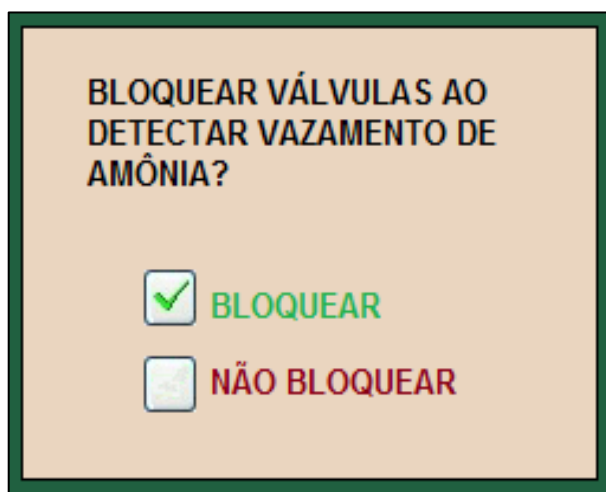
A visualização das concentrações pela planta pode ficar prejudicada devido à outras indicações de temperatura já existentes na mesma tela. Para facilitar, sugere-se desenhar uma linha amarela em volta do retângulo de indicação das concentrações de amônia.

A proposta exige que o acionamento do sistema de exaustão de emergência também possa ser visualizado na tela de cada setor. O símbolo de um ventilador com um triângulo amarelo deve indicar que os ventiladores e os exaustores estão acionados.

3.2.4 Recurso em caso confirmado de defeitos

A proposta define que a o sistema possibilite desativar o desligamento da válvula de líquido em caso de defeito confirmado de algum sensor. Este recurso é muito importante para evitar prejuízos de produção e foi solicitado pelos operadores da planta. Uma possível solução é uma configuração no supervisório que desabilita o bloqueio das válvulas de um setor, como ilustra a Figura 24.

Figura 24 - Opção de bloqueio de válvulas.



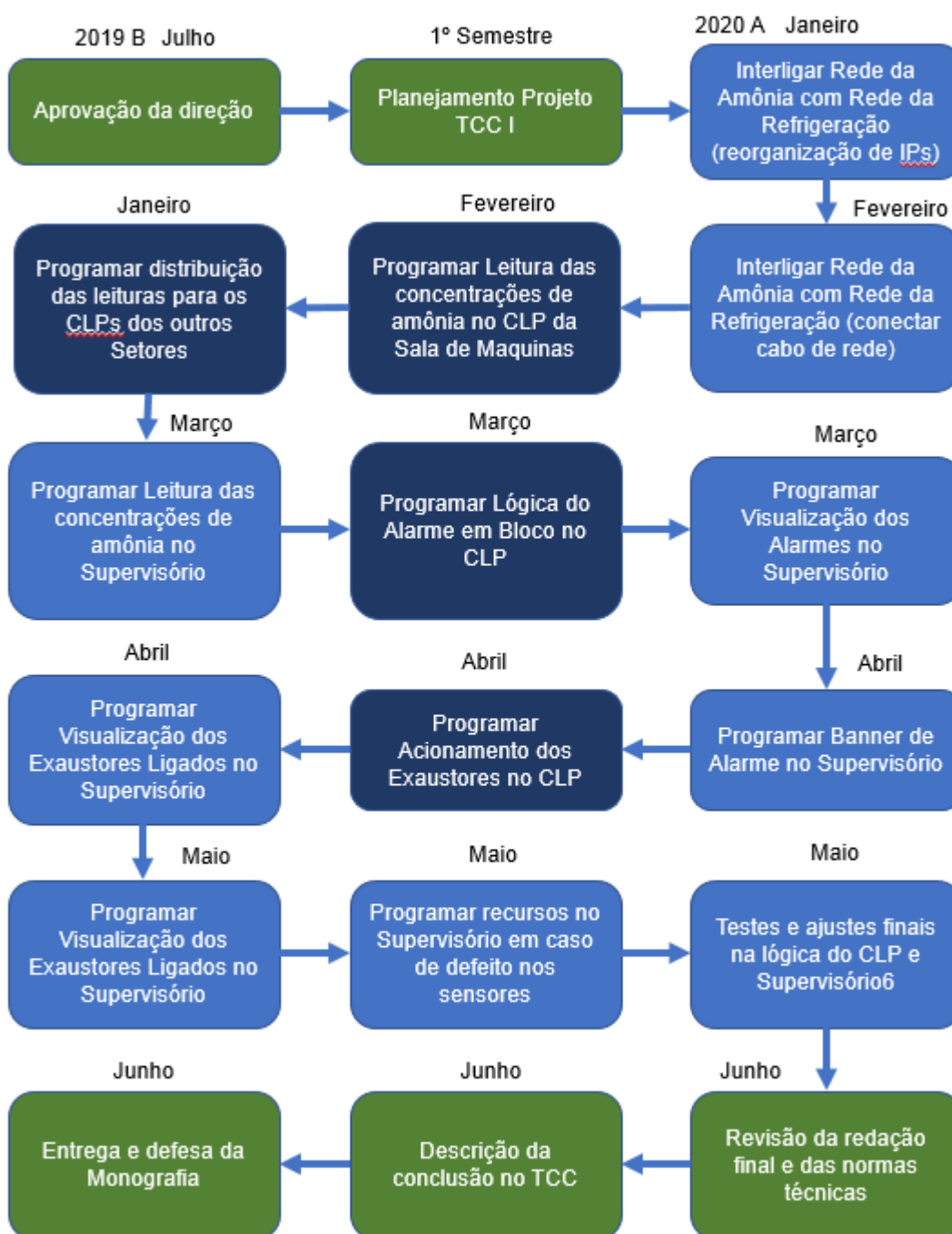
Fonte: Autor.

Esta opção deve estar acessível apenas aos operadores da sala de máquinas por meio de senha individual, e deve ficar registrado o momento que é utilizada.

3.3 Cronograma de Projeto

Este trabalho foi executado com base na sequência de tarefas ilustrada na Figura 25.

Figura 25 - Fluxograma do trabalho.



Fonte: Autor.

4 RESULTADOS

Neste capítulo são descritos os resultados de alguns testes realizados, como foram estabelecidas as comunicações entre os dispositivos, como ficou o monitoramento via supervisório e como foi validado o funcionamento.

4.1 Teste do servidor Modbus TCP

O *Simply Modbus TCP Client* é um *software* que permite estudar e testar comunicações Modbus TCP. A versão demonstração está disponível para baixar no site simplymodbus (<www.simplymodbus.ca/TCPclient>) e foi utilizada para validar a comunicação com o servidor Modbus dos detectores de amônia.

O endereço IP da CPU utilizada é “192.168.0.110” e o endereço IP do servidor é “192.168.0.103” e os registradores dos detectores com as informações a serem lidas podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Endereços dos detectores.

Endereço	Sensor	Descrição
40897	S28	USAT
40898	S29	GERAÇÃO DE FUMAÇA
40899	S30	EQUALIZAÇÃO
40900	S31	PALETIZAÇÃO SUINOS 01
40901	S32	PALETIZAÇÃO SUINOS 02
40902	S33	CMS SUINOS
40903	S34	EXTERNO TUNEL IBEX

Fonte: Autor.

O *software* foi configurado conforme os estudos até aqui descritos, como pode ser observado na Figura 26, é necessário configurar o modo de comunicação para TCP, o endereço IP do servidor Modbus “192.168.0.103” e a porta de comunicação padrão Modbus TCP “502”. O primeiro endereço foi configurado para “40898” com o objetivo de obter a leitura da concentração atual do sensor “S29 GERAÇÃO DE FUMAÇA” e a quantidade de registradores a serem lidos foi configurada para 10. O código de função foi alterado para 3 e o offset foi ajustado para 40000.

Figura 26 - Configuração do software e resultado.

Simply Modbus TCP Client 8.1.1

mode: TCP IP Address: 192.168.0.103 Port: 502

Slave ID: 1 First Register: 40898 No. of Regs: 10

function code: 3 minus offset: 40000

Request: 00 02 00 00 00 06 01 03 03 82 00 0A

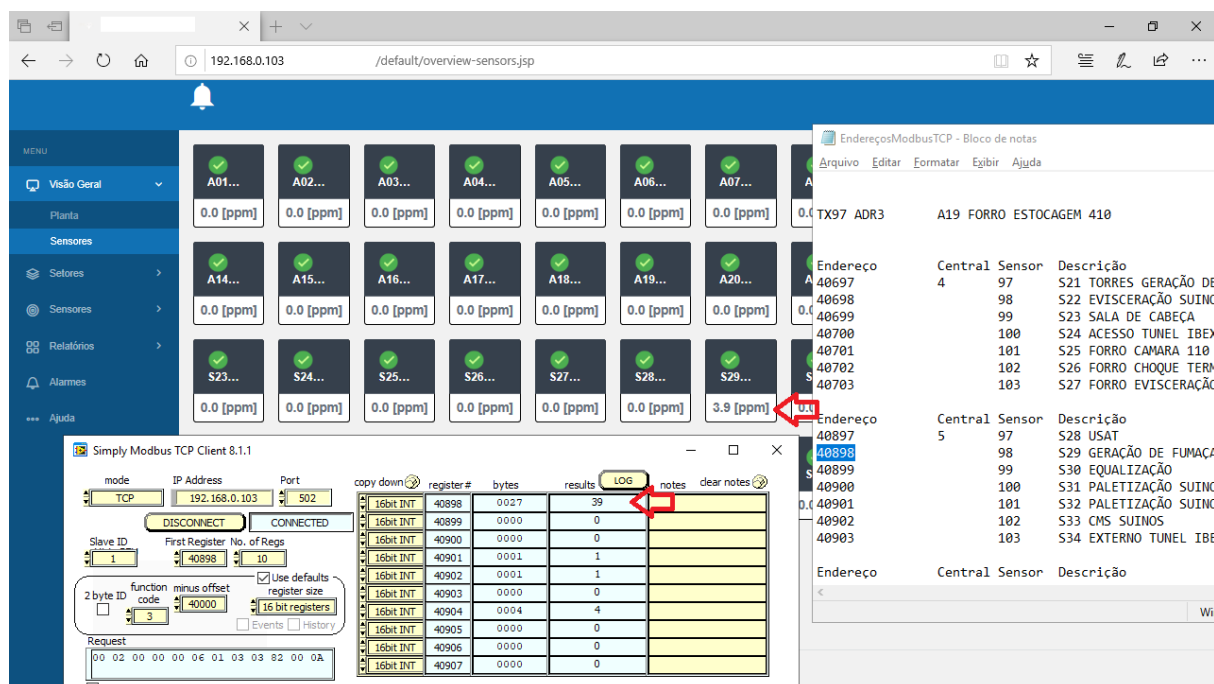
copy down	register #	bytes	results
16bit INT	40898	0027	39
16bit INT	40899	0000	0
16bit INT	40900	0000	0
16bit INT	40901	0001	1
16bit INT	40902	0001	1
16bit INT	40903	0000	0
16bit INT	40904	0004	4
16bit INT	40905	0000	0
16bit INT	40906	0000	0
16bit INT	40907	0000	0

Fonte: Autor.

Depois da configuração, é necessário estabelecer conexão com o dispositivo clicando no botão “CONNECT” e, em seguida, clicar no botão “SEND”, assim o *software* envia a solicitação para receber as informações e o resultado é exibido em uma tabela à direita da imagem.

Neste caso, para uma concentração de 3.9 ppm visualizada no supervisório de amônia o valor contido no registrador 40898 é o número 39, ou seja, o servidor Modbus armazena o valor em ppm multiplicado por 10. A Figura 27 ilustra a imagem tirada do supervisório de amônia no mesmo instante.

Figura 27 - Visualização das concentrações no supervisório.



Fonte: Autor.

Outro detalhe observado foram os valores dos registradores 40901 e 40902, respectivamente, as concentrações dos sensores “S32 PALETIZAÇÃO SUÍNOS 02” e “S33 CMS SUÍNOS”. O supervisório mostra 0.0 ppm, e não 0.1, como esperado sendo que o registrador marca 1. Segundo os desenvolvedores, o *software* foi configurado para mostrar como 0.0 todos os valores abaixo de 0.5 ppm para evitar mostrar ruídos nos sinais dos sensores.

Depois de verificado que o servidor Modbus da CPU da central de amônia estava funcionando, o objetivo seguinte foi realizar a interligação com a rede de controle da refrigeração.

4.2 Interligação das redes

Antes de conectar o cabo de comunicação entre as duas redes, ambas foram escaneadas a fim de verificar que não houvesse nenhum conflito de endereço IP. Um endereço IP duplicado na rede poderia gerar falha nas comunicações dos CLPs de outros setores da fábrica, causando parada de produção.

O *software* utilizado para escanear as redes foi o “Advanced IP Scanner”, disponível no site < <https://www.advanced-ip-scanner.com/br/>>. Este *software* gera uma lista dos dispositivos conectados na rede, cada um com seu respectivo endereço IP e permite exportar essa lista para uma planilha de Excel.

Na planilha, foi possível visualizar que dois dispositivos estavam configurados com o mesmo endereço IP e certamente causariam problemas se estivessem na mesma rede.

Por experiências anteriores, e com a tendência da modernização da fábrica visando a Indústria 4.0, é provável que essa situação de conflito de IPs se repetiria nos próximos anos, caso fossem alterados apenas os endereços repetidos. Pensando nisso, foi decidido reorganizar e alterar os endereços IPs de todos os dispositivos da fábrica.

Os dispositivos receberam uma faixa de IP de acordo com a sua localização física na fábrica, ou seja, o terceiro número do endereço é o mesmo para dispositivos localizados próximos uns dos outros. Os compressores e os equipamentos próximos à sala de máquinas receberam como terceiro número o 98, e os dispositivos da evisceração receberam o número 91. Além disso, para permitir a comunicação entre os dispositivos de cada setor, todas as máscaras de subrede foram alteradas de “255.255.255.0” para “255.255.0.0”. A comparação dos endereços, os endereços em conflito, e o resultado da alteração dos IPs está ilustrado na Figura 28.

Figura 28 - Comparação e alteração de IPs das redes

Rede Amônia		Rede Refrigeração		
Descrição	IP	Descrição	IP Antigo	IP Novo
CPU Servidor Central	192.168.0.103	CLP Bombas Higienização	192.168.10.20	192.168.98.20
Central 1	192.168.0.109	IHM Bombas Higienização		192.168.98.22
CPU Monitoramento	192.168.0.110	CLP Sequestro	192.168.0.140	192.168.91.30
Central 4	192.168.0.111	CLP Chamuscador	192.168.0.135	192.168.91.40
Central 5	192.168.0.112	CLP Nória Depilação	192.168.0.130	192.168.91.50
Central 6	192.168.0.113	IHM Depilação	192.168.0.131	192.168.91.51
Central 3	192.168.0.117	CLP Compressor 1		192.168.98.101
Central 2	192.168.0.121	CLP Compressor 3		192.168.99.103
		CLP Compressor 5	192.168.0.105	192.168.98.105
		CLP Compressor 9	192.168.0.109	192.168.98.109
		IHM CMS	192.168.0.102	192.168.95.102
		CLP CompactLogix CMS	192.168.0.101	192.168.95.101
		Remota Wago CMS	192.168.0.4	192.168.95.4
		Remota Wago CMS	192.168.0.5	192.168.95.5
		Remota Wago CMS-Tunel Carcaça	192.168.0.6	192.168.95.6
		Remota Wago CMS	192.168.0.7	192.168.95.7
		POINT IO CMS	192.168.0.8	192.168.95.8
		CLP Controle Evisceração	192.168.0.60	192.168.91.10
		IHM Abate	192.168.0.61	192.168.91.11
		CLP Sincronismo Evisceração		192.168.91.20
		IHM Sincronismo Evisceração		192.168.91.21
		CLP Controle Sala de Maquinas	192.168.0.40	192.168.98.40
		PRV Sala Maquinas	192.168.0.41	192.168.98.41
		Remota Wago Bacon	192.168.0.117	192.168.98.47
		CLP Controle Frio Choque Térmico	192.168.0.30	192.168.93.30
		CLP Controle Frio Equalizações	192.168.0.20	192.168.94.20
		CPU supervisorio Sala Maquinas	192.168.0.12	192.168.98.12
		CPU supervisorio IBEX	192.168.0.100	192.168.96.100
		CLP Tunel IBEX	192.168.0.10	192.168.96.10
		Remota Safety Phoenix	192.168.100.40	192.168.100.40

Fonte: Autor.

Com todos os endereços dos dispositivos configurados, as duas redes puderam ser interligadas com um cabo de rede. Em seguida, iniciaram os trabalhos para estabelecer a comunicação Modbus TCP entre a CPU central da amônia e os CLPs da refrigeração.

4.3 Comunicação do CLP da refrigeração com CPU da amônia

Para fazer a leitura das concentrações de amônia inicialmente foi escolhido um CLP Allen Bradley Compact Logix 1769-L30ER. Este controlador não possui a comunicação Modbus disponível de fábrica, por isso, foi necessário baixar do site do

fabricante e importar ao programa do CLP a biblioteca ModbusMasterTCP. Para fazer essas alterações foi utilizado o *software* RSLogix 5000.

O CLP possui o endereço “192.168.98.40” e o servidor Modbus, como mostrado anteriormente, possui o endereço IP “192.168.0.103” e a porta de comunicação utilizada é “502”. Ambas as máscaras de subrede foram configuradas como “255.255.0.0”.

Para contemplar todos os endereços Modbus utilizados na Tabela 2 foi necessário habilitar 8 transações no CLP. Todas as transações utilizadas são de leitura de registradores (*TransType* = 3) e foram configuradas com o mesmo intervalo de tempo (*PollInterval*). Os endereços de início da leitura (*BeginAddress*) e as contagens (*Count*) cobrem todos os endereços da Tabela 2. A distribuição dos valores nas memórias locais (*LocalOffset*) foi feita do endereço zero até o 75. A Tabela 4 abrange todas as configurações das transações, além disso, a última linha mostra o *status* das transações completadas (*TransComplete* = 1) no instante do registro.

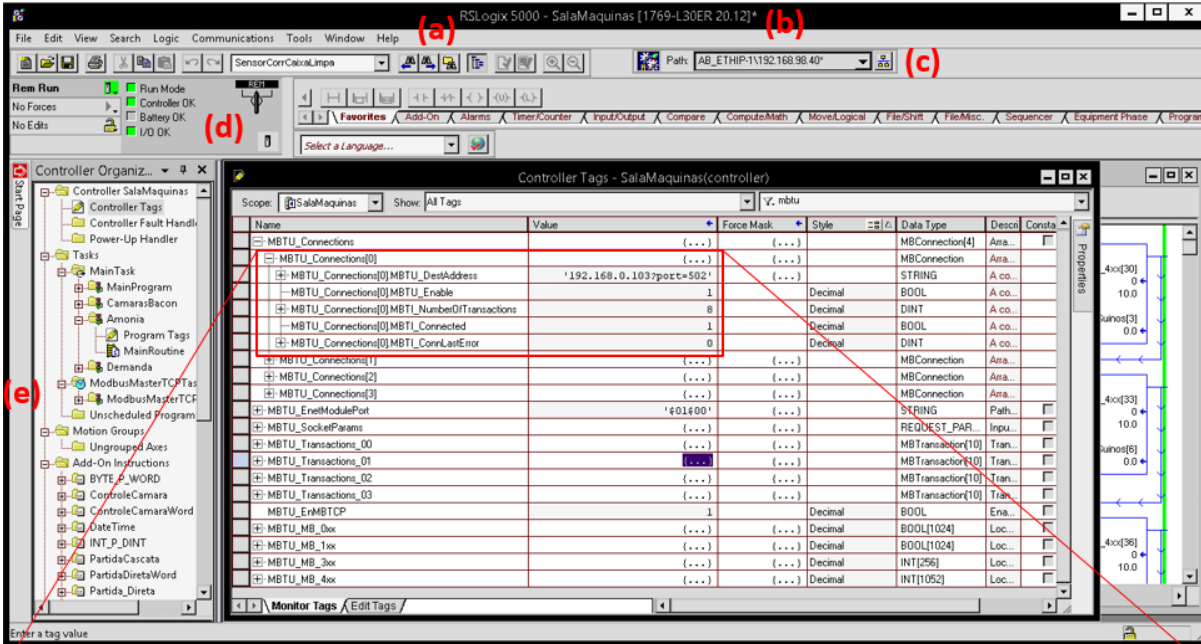
Tabela 4 - Configuração das transações Modbus

	x=0	x=1	x=2	x=3	x=4	x=5	x=6	x=7	x=8
MBTU_Transactions_00[x]. Enabled	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MBTU_Transactions_00[x]. PollInterval	10	10	10	10	10	10	10	10	0
MBTU_Transactions_00[x]. TransType	3	3	3	3	3	3	3	3	0
MBTU_Transactions_00[x]. UID	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MBTU_Transactions_00[x]. BeginAddress	97	297	497	697	897	1097	1297	1497	0
MBTU_Transactions_00[x]. Count	13	8	8	10	9	7	7	5	0
MBTU_Transactions_00[x]. LocalOffset	0	13	21	29	60	39	53	70	0
MBTU_Transactions_00[x]. TransComplete	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Fonte: Autor.

Esses e outros detalhes dos resultados da configuração da comunicação podem ser observados na Figura 29: (a) o software utilizado para programar o CLP, (b) a referência do CLP, (c) o endereço IP do CLP, (d) o software está online com o CLP, (e) a rotina ModbusTCPTask importada à lógica do CLP, (f) a configuração do endereço da CPU do servidor modbus, (g) a comunicação habilitada, (h) o número de transações configuradas e (i) os dispositivos foram conectados com sucesso (j) sem falhas na comunicação.

Figura 29 - Detalhes da configuração da comunicação



The screenshot shows the RSLogix 5000 interface with the 'Controller Tags - SalaMaquinas(controller)' window. The 'MBTU_Connections' tag is selected, and its sub-tags are listed in the table below.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Descri	Const
MBTU_Connections	{...}	{...}		MBConnection[4]	Area...	
MBTU_Connections[0]	{...}	{...}		MBConnection	Area...	
MBTU_Connections[0].MBTU_DestAddress	'192.168.0.103?port=502'			STRING	A co...	
MBTU_Connections[0].MBTU_Enable	1		Decimal	BOOL	A co...	
MBTU_Connections[0].MBTI_NumberOfTransactions	8		Decimal	DINT	A co...	
MBTU_Connections[0].MBTI_Connected	1		Decimal	BOOL	A co...	
MBTU_Connections[0].MBTI_ConnLastError	0		Decimal	DINT	A co...	

Fonte: Autor.

Com as leituras da tabela Modbus chegando no CLP, para obter o valor real da concentração bastou acrescentar na lógica do CLP uma divisão de cada um dos valores por 10.

Validadas as leituras das concentrações de amônia no CLP, foi alterada a lógica de controle das válvulas de líquido e adicionado o acionamento do sistema de ventilação e exaustão de emergência.

4.3.1 Alteração da lógica de controle das válvulas de líquido

A lógica de controle das válvulas de líquido funciona conforme o fluxograma apresentado anteriormente na Figura 22.

Como o CLP configurado para fazer a leitura direto do servidor de amônia também controla as válvulas de líquido do setor de Bacon da empresa, o bloqueio das válvulas foi feito no mesmo CLP.

A lógica seta a memória de bloqueio caso a concentração atual do sensor S37 ultrapasse 20 ppm. As memórias de bloqueio foram ligadas em série, de forma que interrompam o acionamento das saídas digitais que ligam as válvulas de líquido. O reset pode ser dado pelo sistema supervisório através da memória “Permissão_SalaMaquinas” (APÊNDICE A).

Validados os bloqueios das válvulas, foi implementada a lógica de acionamento da ventilação de emergência.

4.3.2 Acionamento do sistema de ventilação e exaustão de emergência

Na sala de máquinas foram instalados quatro exaustores, dois ficam sempre ligados, os outros dois foram programados para ligar quando o sensor de amônia S38 detectar uma concentração acima de 20 ppm e só serão desligados caso o alarme seja resetado no supervisório da refrigeração.

Depois de configurar a leitura das concentrações de amônia no CLP da Sala de Máquinas, essas informações foram transmitidas para os outros CLPs da fábrica de maneiras diferentes.

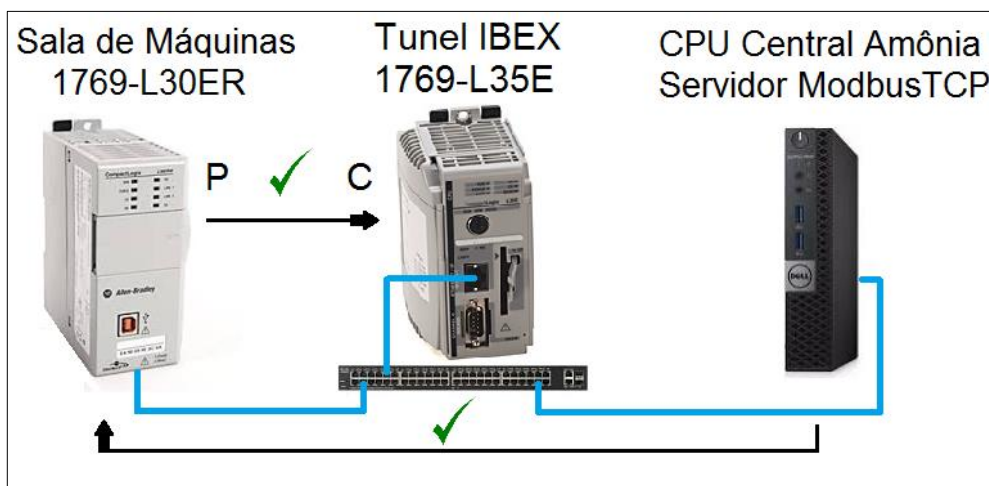
4.4 Comunicação com CLP do Tunel IBEX

Túnel IBEX é um túnel de congelamento de produtos que pode atingir temperaturas de até -35 °C e utiliza amônia para isso. Durante este trabalho foi instalado um detector de amônia neste ambiente, sendo necessário levar a informação da concentração desse detector até o CLP que controla a refrigeração.

A comunicação foi feita entre o CLP do Tunel IBEX e o CLP da Sala de Máquinas por meio de *tags* produzidas e consumidas. Esta técnica de comunicação

foi escolhida pois é simples de implementar quando ambos os CLPs são da linha CompactLogix. A Figura 30 ilustra, de forma simplificada, a topologia entre os dispositivos.

Figura 30 - Comunicação entre CLP Sala de Máquinas e Tunel IBEX

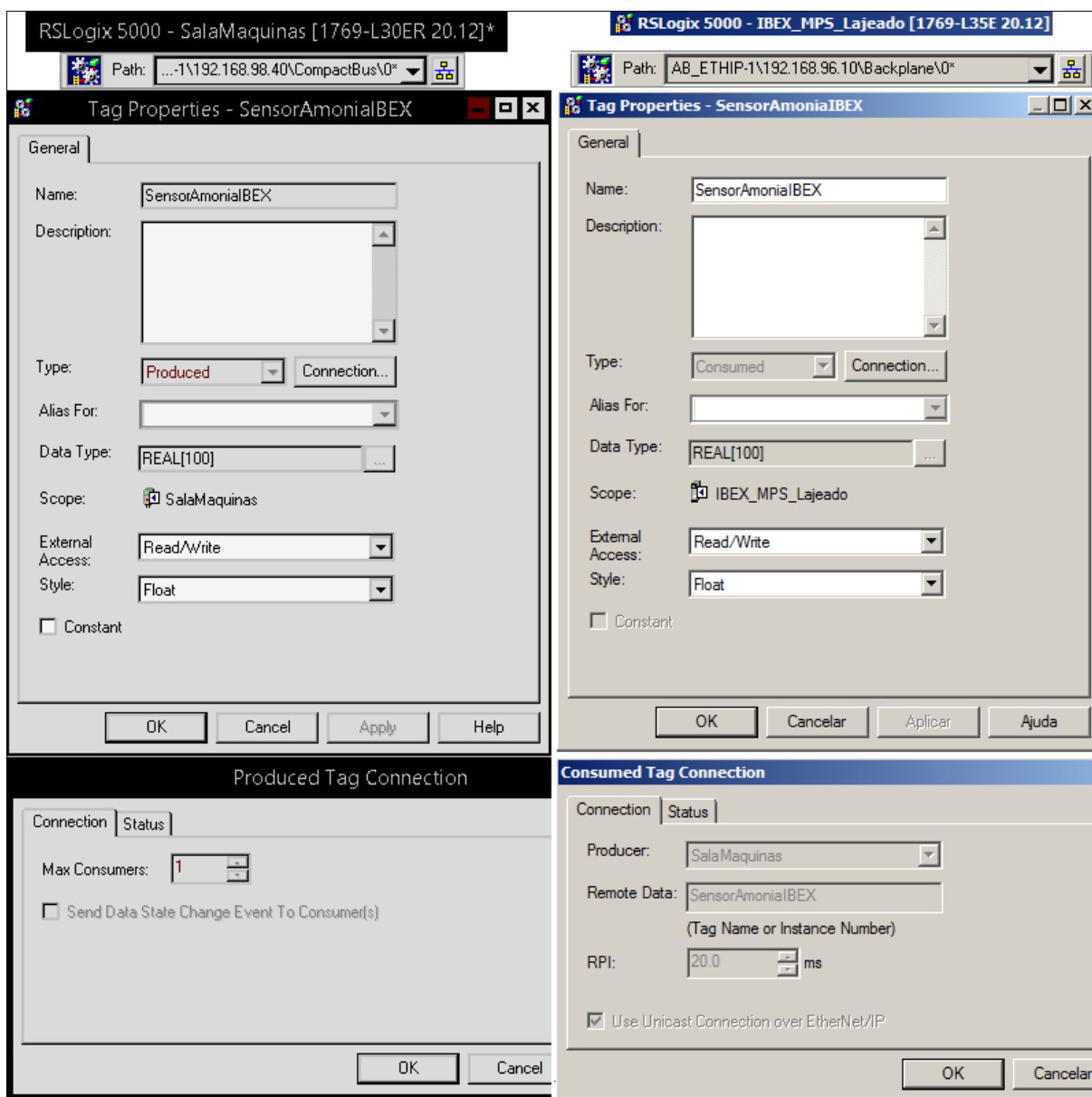


Fonte: Autor.

No CLP da Sala de Máquinas foi criado um vetor de 100 posições de variáveis do tipo REAL chamado “SensorAmonialBEX” e esse vetor foi definido como *Produced* nas propriedades. Em seguida foi habilitado um consumidor para esta *tag*.

Já no CLP do IBEX, foi criado um vetor igual ao anterior, mas foi definido como *Consumed*. A conexão foi apontada para o CLP produtor “SalaMaquina” e a *tag* “SensorAmonialBEX”. A Figura 31 ilustra as configurações realizadas.

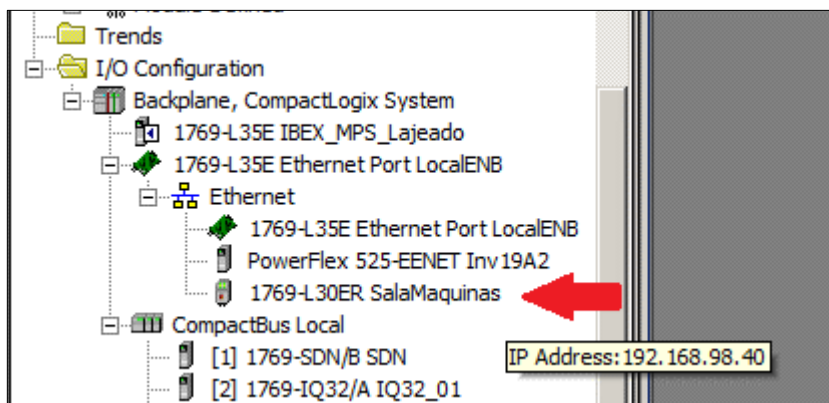
Figura 31 - Configuração da tag produzida e consumida



Fonte: Autor.

Para que essa conexão fosse possível, no CLP do Túnel IBEX foi necessário adicionar na árvore da placa de rede ethernet o CLP da Sala de Máquinas, conforme ilustra a Figura 32.

Figura 32 - CLP acionado à árvore do CLP IBEX

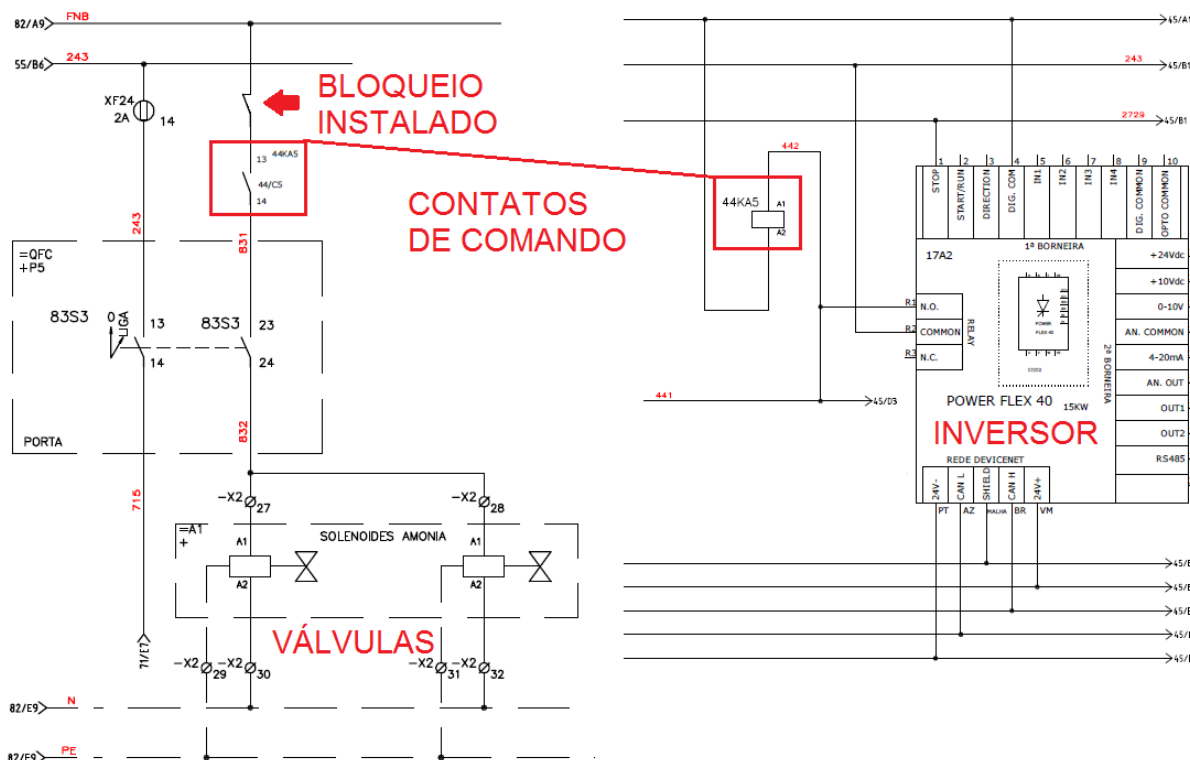


Fonte: Autor.

Do vetor de 100 posições, apenas a posição 11 foi utilizada. Em seguida, a informação foi transferida para o vetor local “SensorAmonialBEX_L35”, já fazendo a divisão por 10. Assim foi possível implementar a lógica de bloqueio das válvulas de líquido. Para isso, foi utilizado o bloco de comparação “GRT”, que seta a variável BloqueioIBEX, que aciona uma saída física digital do CLP, bloqueando o acionamento das válvulas através de um relé auxiliar (APÊNDICE B).

Neste caso, o acionamento das válvulas de líquido não é feito diretamente pelo CLP, mas por um relé comandado pelos inversores dos evaporadores. Por esse motivo, a saída digital foi programada para acionar uma contatora auxiliar cujos contatos foram instalados em série com o comando das válvulas solenoides. A alteração pode ser observada na Figura 33.

Figura 33 - Bloqueio instalado nas válvulas de líquido de amônia.



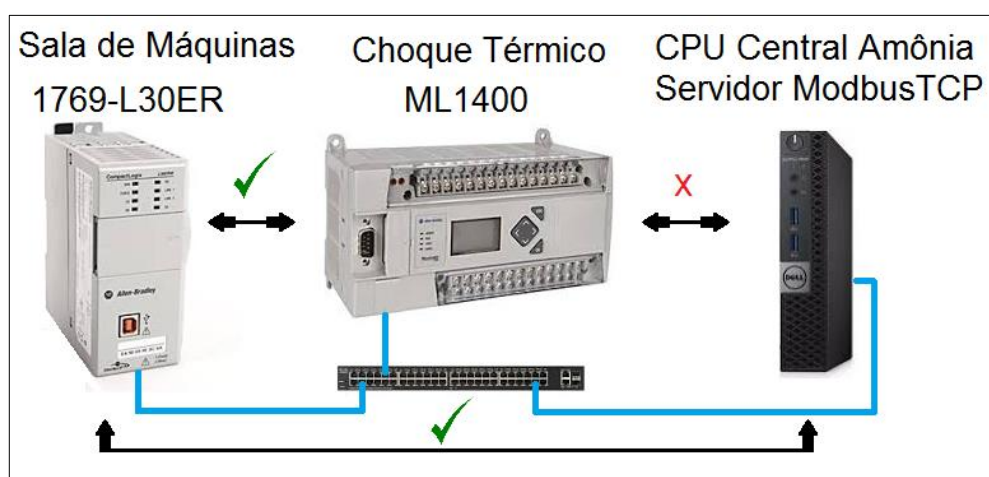
Fonte: Autor.

4.5 Comunicação com CLP do Choque Térmico

Conforme descrito no item 3.1.1, as câmaras do choque térmico possuem 13 válvulas de líquido e, durante este trabalho, foi instalado um detector de amônia neste ambiente. O CLP que controla esse setor é da linha MicroLogix, e precisava receber a informação da concentração de amônia para poder bloquear as válvulas em caso de vazamento superior a 20 ppm.

Inicialmente foi tentado configurar a leitura direta entre o CLP do Choque Térmico e a CPU central de amônia via ModbusTCP, porém, este CLP não dispunha desta opção. Ao invés disso, foi decidido realizar a comunicação entre o CLP do Choque Térmico e o CLP da Sala de Máquinas, que já continha as informações desejadas. A Figura 34 ilustra a situação.

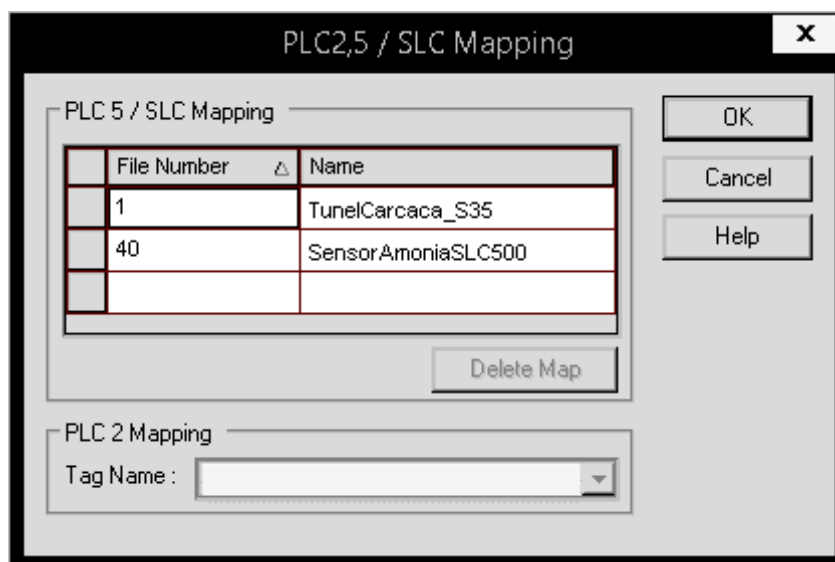
Figura 34 - Comunicação entre Dispositivos



Fonte: Autor.

Para isso, utilizando o software RSLogix5000 no CLP da Sala de Máquinas, foi necessário mapear uma *tag* para ser usada na comunicação com o CLP MicroLogix 1400 do Choque Térmico. O mapeamento da *tag* “SensorAmoniaSLC500” no arquivo 40 pode ser observado na Figura 35.

Figura 35 - Mapeamento da Tag



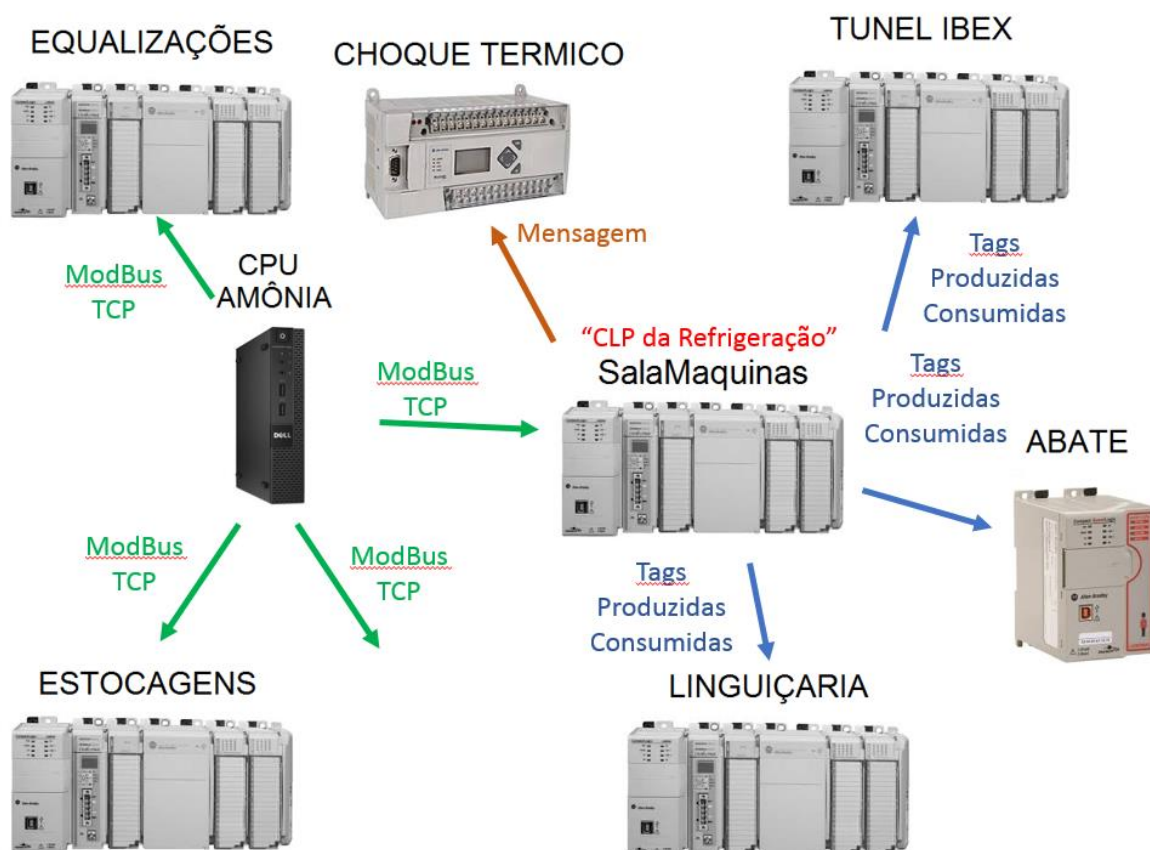
Fonte: Autor.

No CLP do Choque Térmico a alteração foi feita utilizando o software RSLogix500. Foi configurada uma mensagem de leitura direcionada ao arquivo 40 previamente configurado no outro CLP. A informação é guardada na memória F39:9 que faz parte da lógica que dispara o alarme de vazamento de amônia. A Figura 36 ilustra a configuração da comunicação e a lógica de disparo de alarme.

4.6 Resumo das Comunicações

Conforme visto anteriormente, durante os trabalhos não foi possível configurar a comunicação ModbusTCP em todos os CLPs disponíveis, de forma que foi necessário utilizar outras técnicas de comunicação, como a comunicação por mensagens e a comunicação via *tags* produzidas e consumidas. Foi observado que utilizar um recurso “natural”, como o das *tags* produzidas e consumidas, entre dispositivos da mesma família pode facilitar o trabalho de programação. Um esquema simplificado do resultado das comunicações pode ser observado na Figura 37.

Figura 37 - Esquema simplificado das comunicações.



Fonte: Autor.

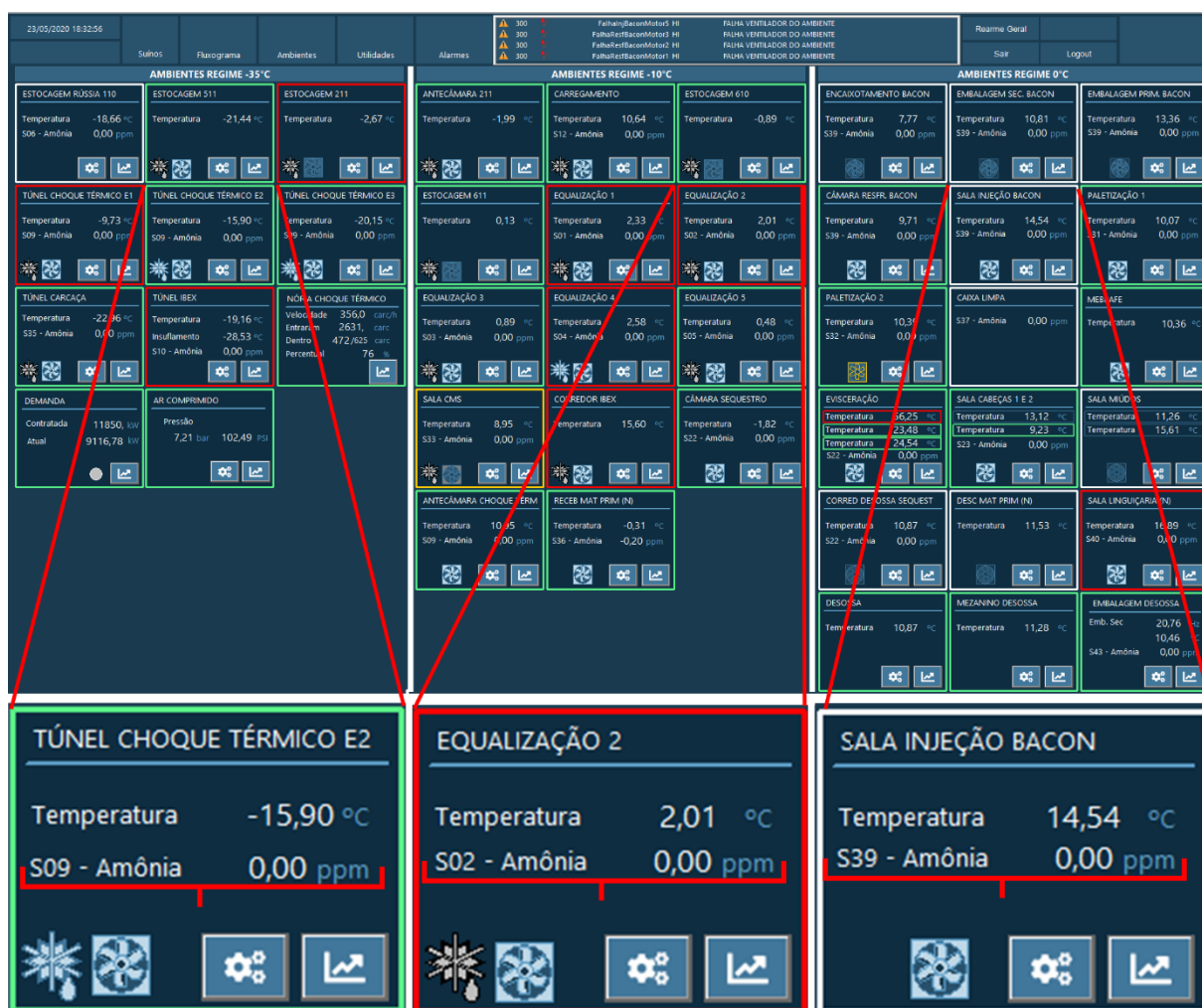
4.7 Monitoramento das concentrações no supervisório da refrigeração

Antes de comentar o resultado seguinte, é importante ressaltar que, durante os trabalhos aqui mencionados, além dos ambientes que já possuíam controle pelo supervisório, foram adicionados mais nove ambientes ao sistema de controle da

refrigeração, além disso, o próprio *software* supervisor foi substituído por empresa terceirizada. O supervisor antigo era o Vijeo Citect da Schneider Electric e o novo passou a ser o Factory Talk, da Rockwell Automation. Algumas telas existentes no supervisor antigo não foram reconstruídas no supervisor novo, mas ficaram como sugestões de melhorias futuras. As funções referentes a este trabalho no supervisor novo foram implementadas pelo autor.

Foram adicionadas ao novo supervisor da refrigeração as visualizações das concentrações de amônia de cada ambiente. Os valores foram posicionados junto as caixas de monitoramento das temperaturas dos ambientes, o que deve agilizar as ações dos operadores em caso de detecção de vazamentos, visto que a informação ficou próxima dos botões de comando de cada ambiente. A Figura 38 ilustra três detalhes da tela do supervisor.

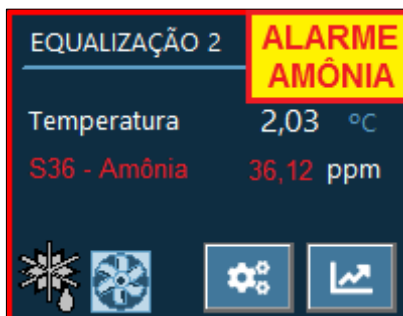
Figura 38 - Concentração de amônia no supervisor da refrigeração



Fonte: Autor.

Caso ocorra um vazamento de amônia, o supervisório dispara um sinal sonoro na sala dos operadores e sinaliza visualmente como ilustra a Figura 39.

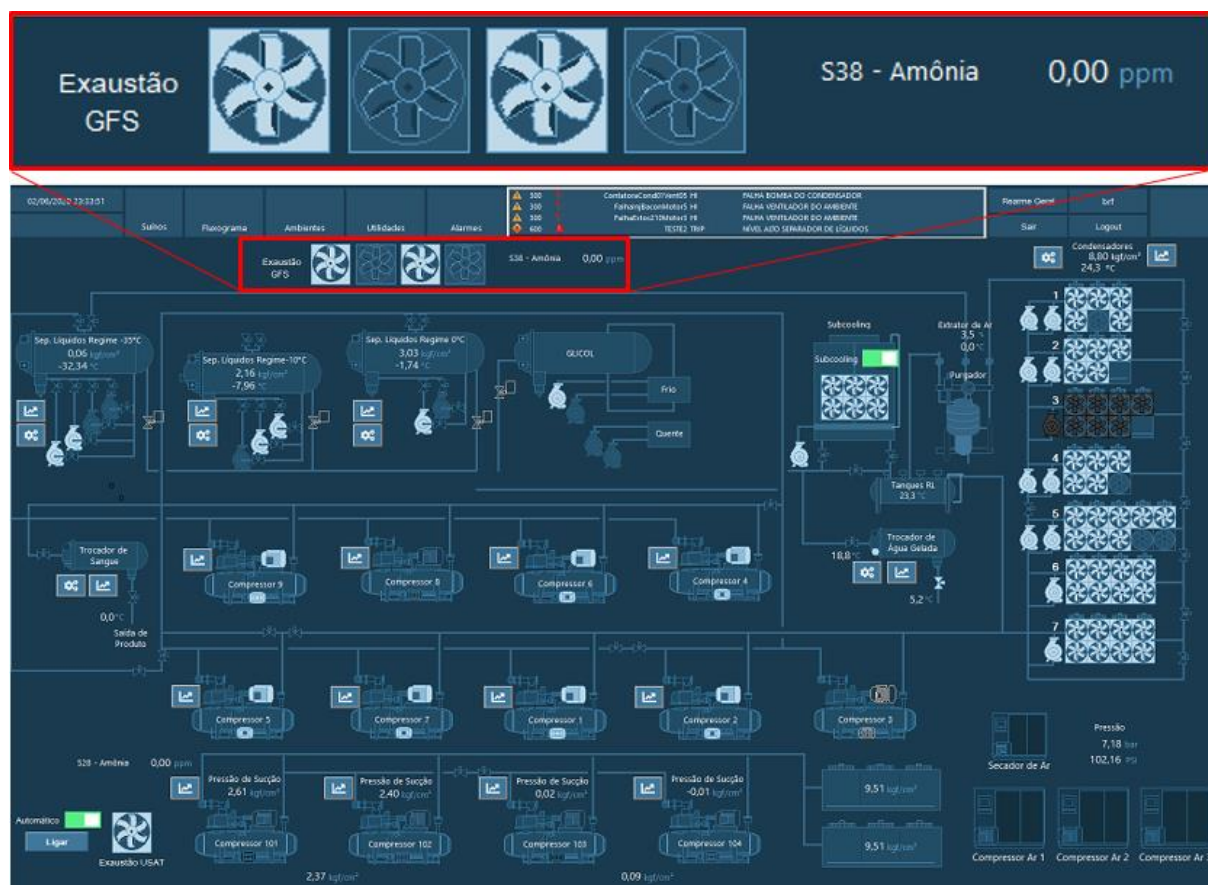
Figura 39 - Alarme visual



Fonte: Autor.

Uma tela com o fluxograma geral da sala de máquinas, mais completa e funcional, foi criada no supervisório novo. Como o sensor S38, ilustrado na Figura 17, está localizado no mesmo ambiente dos compressores, a indicação de sua concentração foi adicionada à tela, bem como o *status* dos exaustores de emergência da sala de máquinas. De um total de quatro exaustores na sala, dois ficam ligados diretos, e os outros dois ligam caso a concentração de amônia ultrapasse 20 ppm.


Figura 40 - Monitoramento da amônia e da exaustão no fluxograma



Fonte: Autor.

O histórico de alarmes de amônia do supervisório da refrigeração foi configurado para registrar a data e a hora em que a concentração sobe acima de 20 ppm. No evento do alarme a mensagem aparece destacada em vermelho. Para reconhecer o alarme é necessário preencher um campo informando a causa do disparo. Alarmes reconhecidos aparecem na cor verde. A Figura 41 ilustra como ficou a visualização do histórico na tela do supervisório.

Figura 41 - Histórico de alarmes de amônia

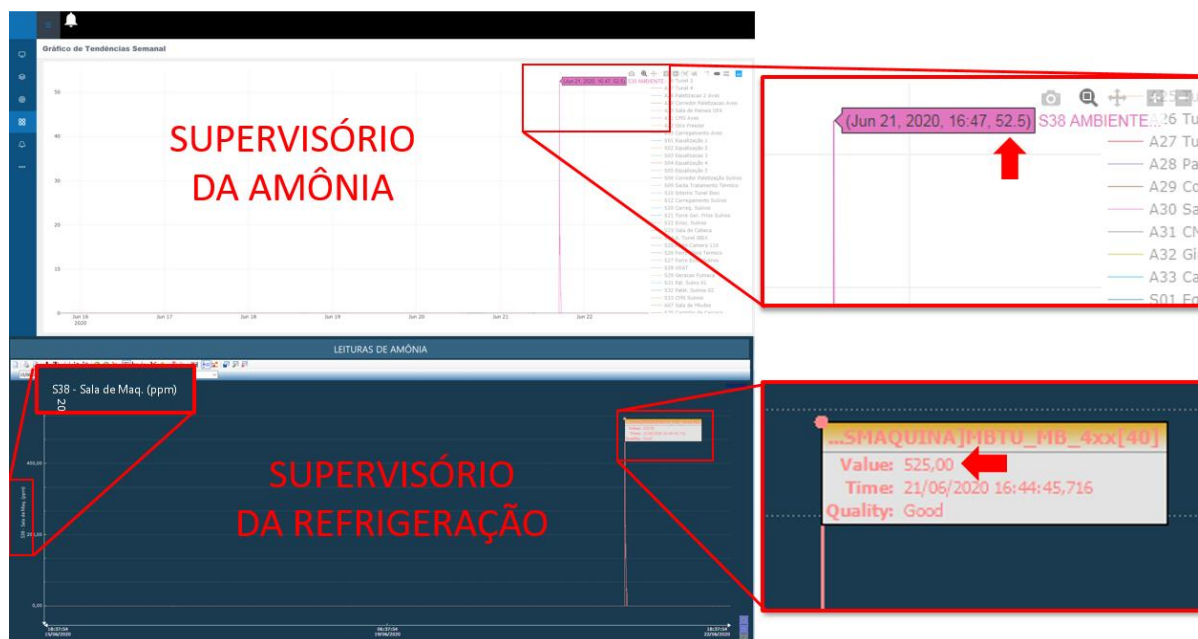


!	Event Time	Alarm Name	Message
!!	28/05/2020 11:34:14	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	28/05/2020 11:30:33	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	28/05/2020 11:17:13	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	28/05/2020 10:53:58	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	28/05/2020 10:34:58	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	28/05/2020 10:20:59	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	28/05/2020 10:17:50	FalhaAmoniaRecMatPrima	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	27/05/2020 17:33:14	FalhaAmoniaEmbDesossa	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	27/05/2020 17:33:04	FalhaAmoniaCarreg	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	27/05/2020 17:33:02	FalhaAmoniaTunellbex	ALARME SENSOR PRESENÇA D
!!	27/05/2020 17:33:02	FalhaAmoniaSalaCab	ALARME SENSOR PRESENÇA D

Fonte: Autor.

Para que as leituras das concentrações de amônia possam ser conferidas, foram configurados o registro histórico e a visualização em gráficos no supervisório da refrigeração. O gráfico resultante no supervisório da refrigeração pode ser comparado com o gráfico disponível no supervisório da amônia, como pode ser observado na Figura 42.

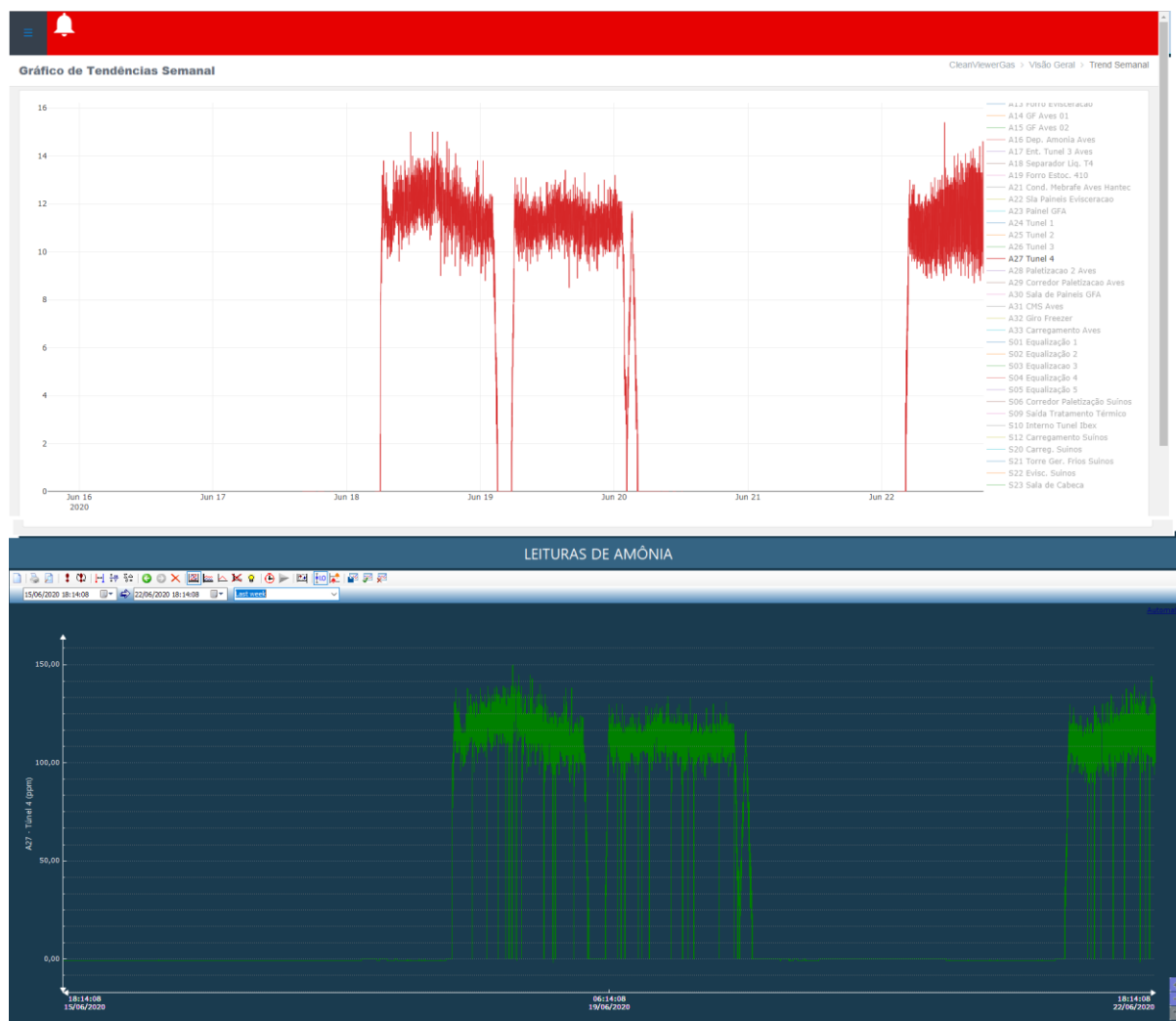
Figura 42 - Comparação dos gráficos dos supervisórios



Fonte: Autor.

Os gráficos da concentração de amônia também são úteis para verificar anomalias nos detectores. Após verificação no local e constatado que não há vazamento algum, os gráficos podem provar que as leituras estão incompatíveis com a realidade. A Figura 43 ilustra um exemplo dessa situação.

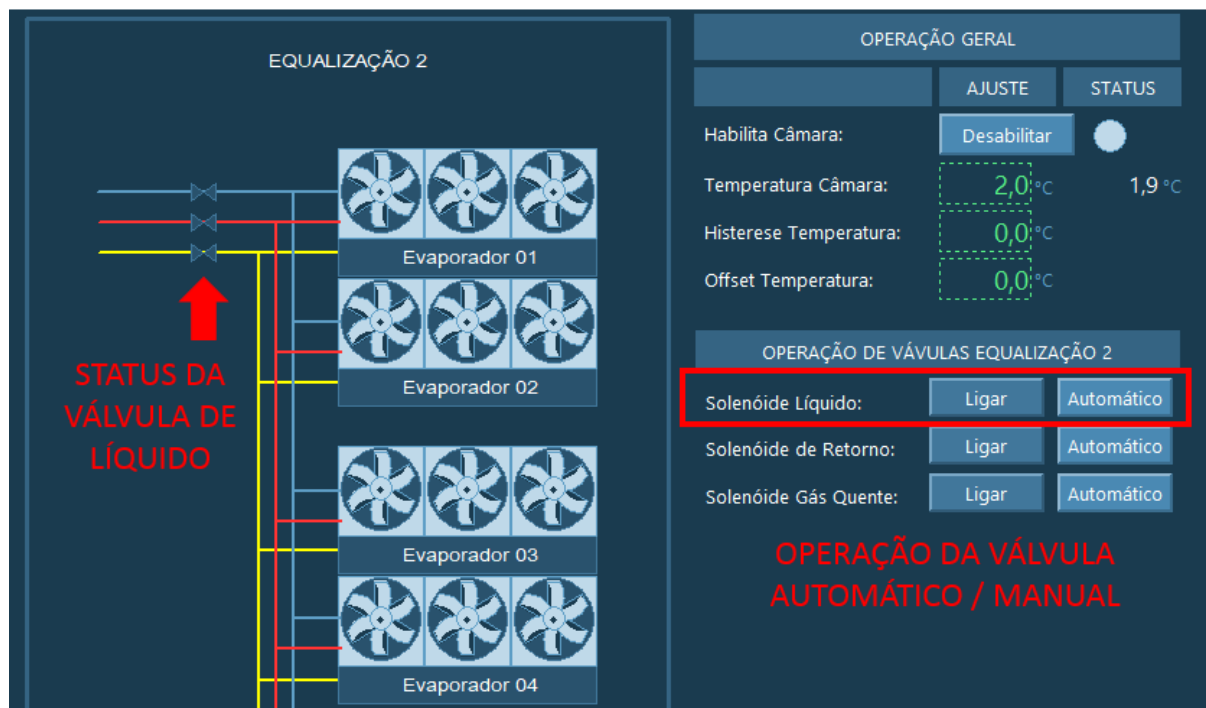
Figura 43 - Gráfico de sensor apresentando defeito.



Fonte: Autor.

Neste caso, a concentração de amônia não chegou a bloquear as válvulas, pois não ultrapassou o valor de 20 ppm. Se isso tivesse acontecido, haveria transtornos para a operação da câmara envolvida, sendo necessário recurso para ligar as válvulas em modo manual, já que o sistema automático a teria bloqueado. Esta opção foi disponibilizada e a Figura 44 ilustra como exemplo a operação das válvulas da câmara de Equalização 2.

Figura 44 - Operação da válvula Automático / Manual



Fonte: Autor.

4.8 Validação de funcionamento

Durante os trabalhos, cada um dos detectores foi testado individualmente. Com ajuda dos operadores da sala de máquinas, resíduos de purga de amônia foram utilizados para estimular os sensores e foram verificadas as leituras tanto no supervisão de amônia como no supervisão da refrigeração. Além disso, foi verificado através do *status* do supervisão se o sistema estava desligando as válvulas corretamente.

4.9 Primeira prova com vazamento real

Em junho, o funcionamento do sistema foi posto à prova durante um vazamento de amônia. Assim que o sistema mostrou o alarme na tela, os operadores prontamente foram verificar a situação. Chegando no local, foi percebido o vazamento na vedação da tampa de uma válvula manual de bloqueio. A Figura 45 ilustra o local do vazamento.

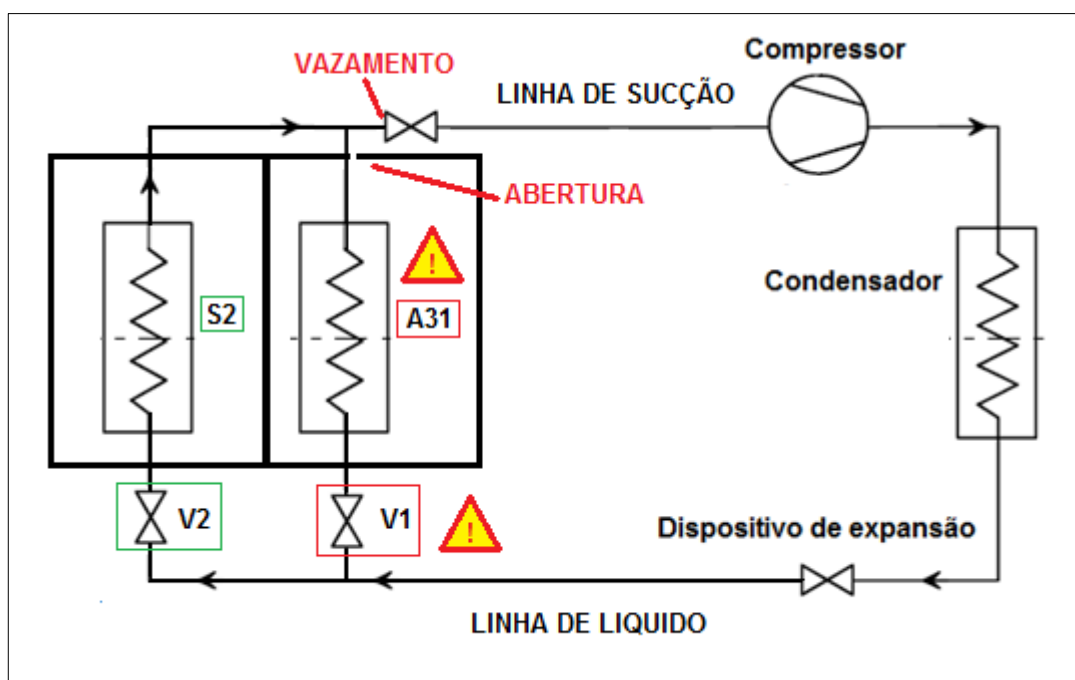
Figura 45 – Local do vazamento



Fonte: Autor.

O evento está esquematizado resumidamente na Figura 46. O vazamento foi do lado de fora da câmara, mas acabou entrando através de uma fresta na parede e acabou acionando o detector interno (A31) e bloqueando sua válvula de líquido (V1). Esperava-se assim, que o volume de vazamento tivesse reduzido, ou até mesmo zerado. Porém, o vazamento foi em uma linha de sucção compartilhada com outra câmara, que continuava a funcionar normalmente. Por isso, o vazamento persistiu até que a válvula de líquido (V2) da outra câmara foi manualmente fechada pelos operadores.

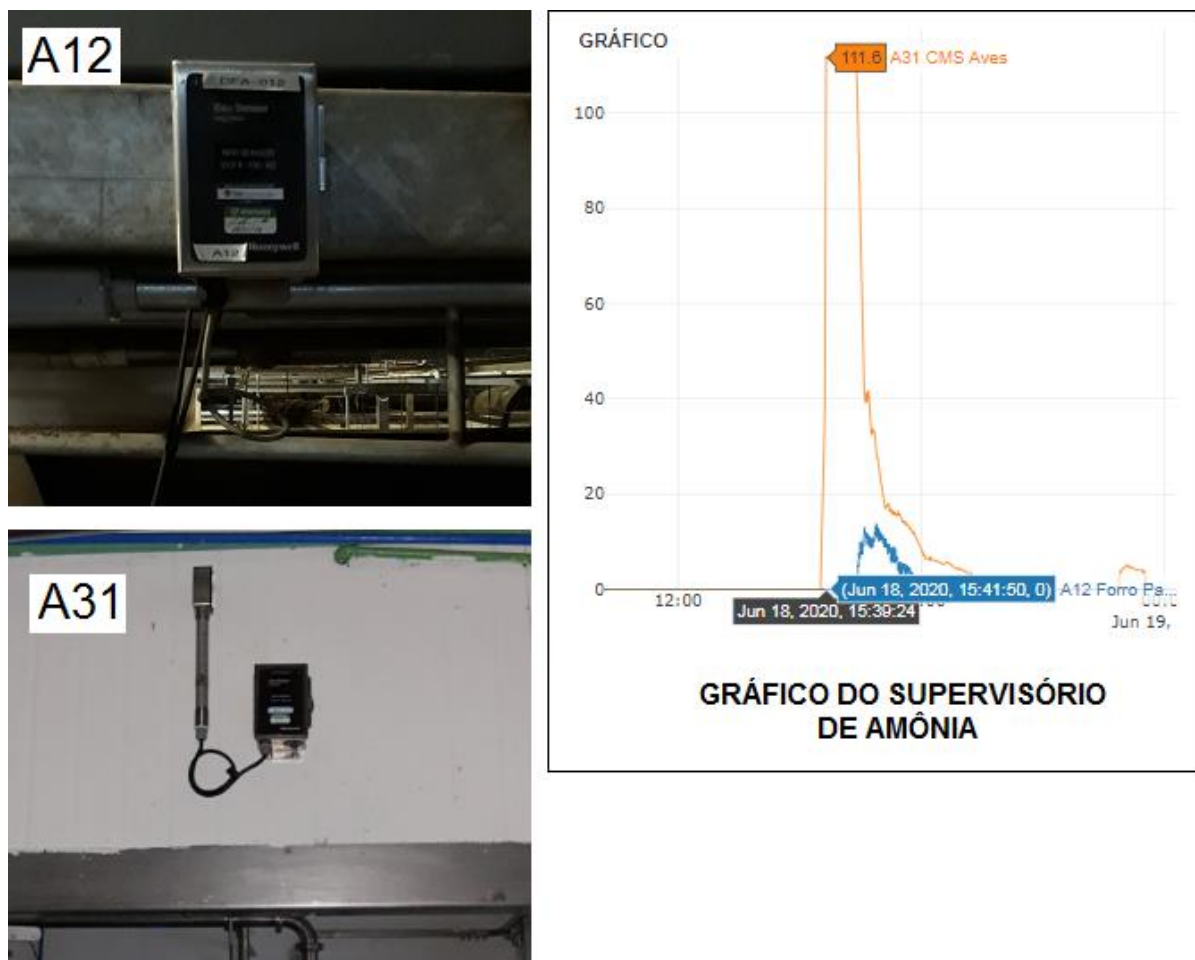
Figura 46 – Esquemático do vazamento de amônia



Fonte: Adaptado de Pearson (2003).

Verificado posteriormente, o sistema registrou o vazamento através de dois detectores, o A31 localizado dentro do ambiente, e o A12, localizado acima do forro do setor. O A31 registrou concentrações de 111,6 ppm, já o A12, registrou valores próximos de 15 ppm. Foram tiradas fotos desses dois detectores e foi coletado o gráfico evidenciando o vazamento, como pode ser observado na Figura 47.

Figura 47 - Detectores acionados e verificação via gráfico



Fonte: Autor.

Segundo relatado pelos operadores, o sistema foi efetivo em desligar a válvula de líquido da câmara após o sensor A31 detectar o vazamento, o que contribuiu com a redução da intensidade do vazamento, auxiliando na retomada das operações. A válvula só pôde ser religada mais tarde, mediante *reset* com entrada de usuário e senha de operador no supervisório da refrigeração.

Durante o ocorrido, conforme procedimento de segurança, os colaboradores da produção tiveram que sair das instalações. Depois que o vazamento foi controlado, o

local foi higienizado e a produção retornou ao normal cerca de uma hora e meia depois.

Este evento mostrou o que pode acontecer quando ocorre um vazamento em uma rede da sucção compartilhada por múltiplas câmaras. A fim de evitar novos transtornos como esse, foi observada a necessidade da individualização da tubulação de sucção e da válvula manual de bloqueio de cada uma das câmaras.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho propôs a integração de três sistemas em uma indústria frigorífica do Vale do Taquari, o sistema de controle da refrigeração, o sistema de detecção de amônia e o sistema de ventilação e exaustão de emergência, caracterizando por fim, o sistema de controle e eliminação de amônia.

Conforme os resultados obtidos, a integração permitiu a execução automática de ações como o desligamento de válvulas de amônia e o acionamento de ventiladores e exaustores. Essas características se mostraram auxiliadoras aos operadores da sala de máquinas na retomada das operações em caso de vazamento de amônia, contribuindo com o aumento da segurança das instalações e a diminuição do risco de intoxicação aos trabalhadores.

Além disso, este trabalho trouxe um grande aprendizado pessoal, pois a interligação dos dispositivos em rede ethernet exigiu muito cuidado com a questão dos endereços duplicados e fez necessário planejar a distribuição dos IPs. O próprio ato de acessar cada dispositivo para alterar o IP foi um aprendizado, visto que, na prática, cada dispositivo tem as suas peculiaridades.

A distribuição das informações entre os dispositivos conectados à rede foi um desafio. Nem todos os dispositivos tinham suporte à comunicação Modbus TCP e as conexões acabaram sendo feitas de maneiras diferentes, demandando mais estudo e contribuindo com o aprendizado.

Um recurso existente capaz de provar que as leituras estão funcionando são os gráficos das concentrações de amônia, pois podem ser comparados os gráficos do supervisor de amônia com os gráficos do supervisor da refrigeração. Seria

interessante aprimorar este recurso de forma que permita aos operadores verificarem se as conexões estão ativas, se o bloqueio das válvulas e o acionamento da ventilação também estão funcionando.

Por fim, após comprovação do funcionamento lógico da interligação foi percebido que a infraestrutura de tubulações de amônia influencia o resultado e pode limitar a eficiência do sistema. Por isso, há necessidade de acompanhamento constante tanto por parte dos operadores quanto da parte da automação de forma que haja melhoria contínua do sistema como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, Luis Antonio (Ed.). **Enciclopédia de Automática: Controle & Automação**, Vol. 1. São Paulo: Blucher, 2007. 451 p.

ANSI/ASHRAE. Standard 34-2007 – **Designation and Safety Classification of Refrigerants** – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. **Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da Norma Regulamentadora nº 36** : Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados. Brasília, SIT/DSST, 2017. Disponível em:<<https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/manuais/manualNR36.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2019.

BRASIL. **Portaria MTE nº 555, de 18 de abril de 2013**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR 36 - Segurança e saúde no trabalho em empresas de abate e processamento de carnes e derivados. Brasília – DF (2013). Disponível em: <http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/NRs/NR_36.html> Acesso em: 16 out. 2019.

BRASIL. **Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR 15 - Atividades e Operações Insalubres. Brasília – DF (1978). Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-15.pdf> Acesso em: 16 out. 2019.

CLETO, Leonilton Tomaz. **Recomendações sobre operação e manutenção de sistemas de refrigeração por amônia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

DOSSAT, Roy J. **Princípios da Refrigeração**. São Paulo: Hemus, 2004. Tradução de Raul Peragallo Torreira.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7. São Paulo: Érica, 2011.

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2010. 584 p. Tradução de: Jorge Ritter, Luciana do Amaral Teixeira e Marcos Vieira.

LEKOV, A., et al. **“Opportunities for Energy Efficiency and Automated Demand Response in Industrial Refrigerated Warehouses in California.”** 2009, doi:10.2172/962214.

LIMA, J. P. **Estudo de caso: Eficiência Energética no Sistema de Refrigeração de uma cervejaria**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

LOWINSOHN, Denise; BERTOTTI, Mauro. **Sensores eletroquímicos: considerações sobre mecanismos de funcionamento e aplicações no monitoramento de espécies químicas em ambientes**. Quim. Nova. 29. 1318-1325. 10.1590/S0100-40422006000600029. 2006.

MODBUS. **MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3**. 2012. Disponível em: <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf>. Acesso em 31/10/2019.

MODBUS. **MODBUS MESSAGING ON TCP/IP IMPLEMENTATION GUIDE**

V1.0b. 2006. Disponível em:

<http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf>. Acesso em 31/10/2019.

MOHAMED, Ayad Khalifa. **Automation and Computer Integrated Manufacturing in Food Processing Industry: An Appraisal.** 2003. 197 f. Tese (Mestrado) - Curso de Eng. Mecânica, Dublin City University, Dublin, 2003. Disponível em:<http://doras.dcu.ie/18081/1/Ayad_Khalifa_Mohamed.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego Refrigeração Industrial por Amônia: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal. **Nota Técnica n. 03/2004.** Brasília: MTE,SIT, DSST, 2004.

NOF, Shimon Y. (Ed.). **Springer Handbook of Automation:** With 149 Tables.

Springer, 2009. E-book, Disponível em:

<<http://nivelco.com.ua/documents/technical%20publications%20docs/Nof%20S.Y.%20Springer%20Handbook%20of%20Automation%20Springer%202009.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019.

NOGUEIRA, Thiago Augusto. **Redes de comunicação para sistemas de automação industrial.** 2009. 83 f. Monografia (Graduação) - Curso de Eng. de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/18372429/redes-de-comunicacao-para-sistema-de-automacao-industrial>>. Acesso em: 15 out. 2019.

PEARSON, F. **How to improve energy efficiency in refrigerating equipment.**

17th informatory note on Refrigerating Technologies. International Institute of Refrigeration: Paris, Nov 2003. 3 p. Disponível em

>http://www.iifiir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteTech_17_EN.pdf<. Acesso em: 15 out. 2019.

PEREIRA, Rodrigo. **Estudo da contaminação por água e sua influência no consumo de energia em um Sistema de Refrigeração por Amônia**. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Eng. Mecânica, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2016.

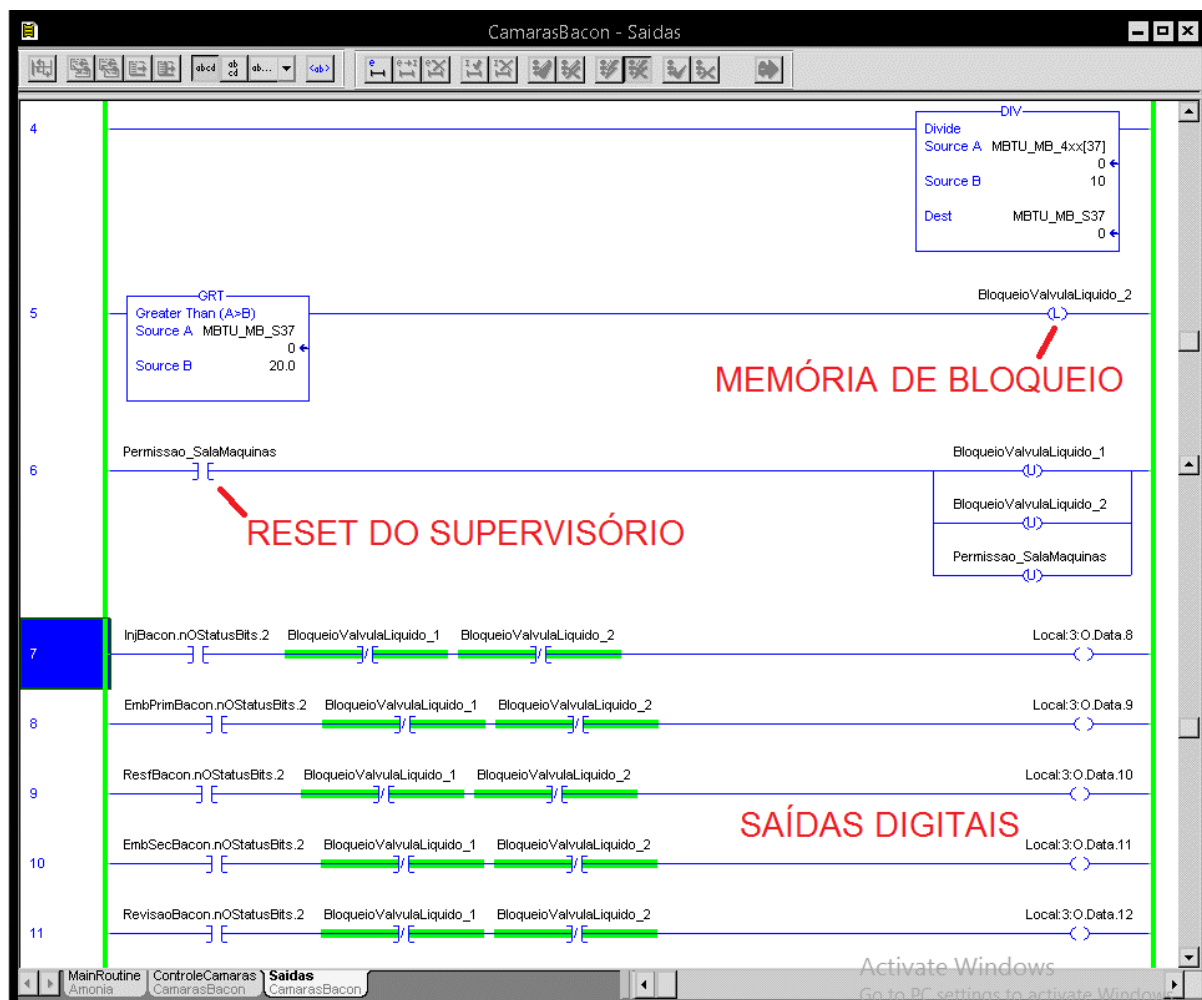
SERAFIM, Osni Ricardo de Almeida; GODOY JUNIOR, Wanderley; SERRAN, Francisco Jose. Estudo de caso: **Gestão de riscos na utilização de amônia (nh3) nos sistemas industriais de refrigeração da Itazem logística portuária Ltda**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2015. Disponível em: <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/TCC-Osni-Ricardo-de-Almeida-Serafim.pdf>> . Acesso em: 11 out. 2019.

STOECKER, W.F. ; JABARDO, J. M. Saiz. **Refrigeração Industrial**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

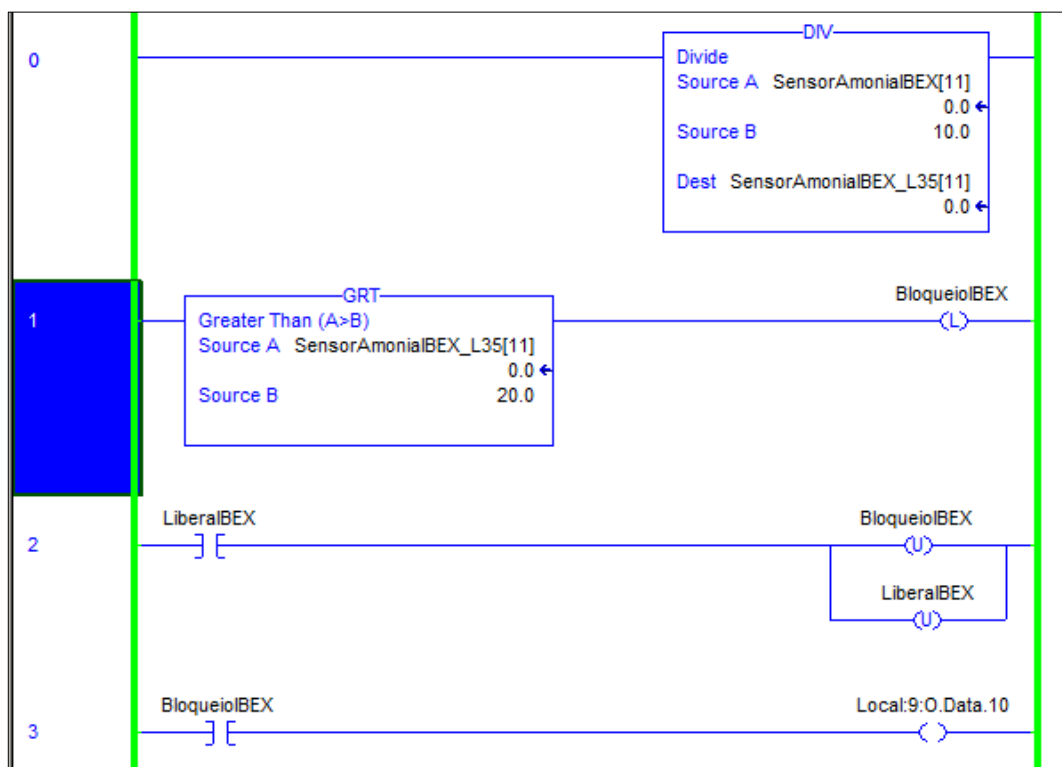
VAZAMENTOS PERIGOSOS. **Emergências com Amônia**. Nov. 2017. Disponível em: <<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/11/Material-divulgado-Revista-Emerg%C3%Aancia-Especial-104.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2019.

APÊNDICES

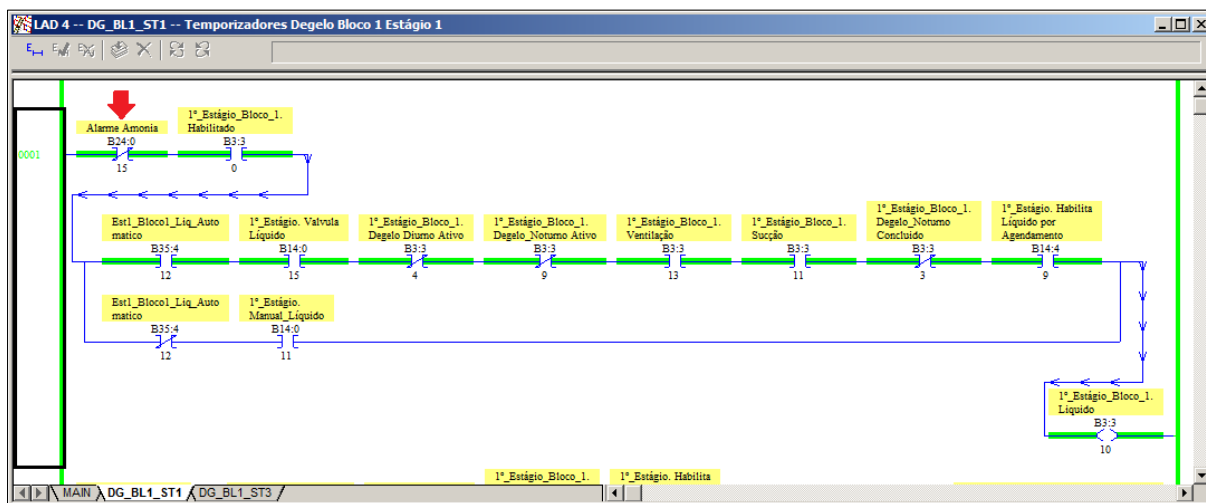
APÊNDICE A - Lógica de bloqueio das válvulas de líquido do Bacon



APÊNDICE B - Lógica de bloqueio das válvulas do IBEX



APÊNDICE C - Lógica de bloqueio do líquido do Choque Térmico

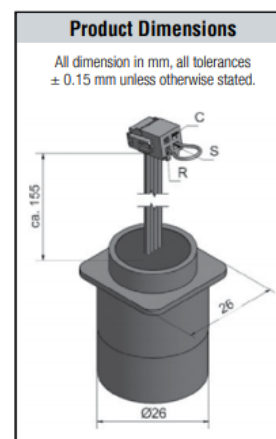


ANEXOS

ANEXO A – Especificações do Detector de Amônia

EC-FX SPECIFICATIONS**Ammonia Gas Sensor**

Measurement	
Operating Principle	3-electrode electrochemical
Measurement Range	0-100, 0-200, and 0-250PPM NH ₃
Maximum Overload	500 ppm
Lower Detection Limit	< 10 ppm
Filter	None
Sensitivity	100 ± 40 nA/ppm
Response Time (T90)	< 30 s
Baseline Offset (clean air)	< ±0.2 mA
Zero Shift (+10°C to +40°C)	< 4 ppm
Accuracy	± 5% full scale*
Repeatability	< 10% of full scale
Mechanical	
Housing Material	Polyphenylene Oxide (PPO) Noryl
Weight	4.5 g
Orientation	Vertical only
Environmental	
Typical Applications	Industrial refrigeration, cold storage, and rooms
Operating Temperature Range	Continuous: -4° to 122°F (sensor only) Storage: -58° to 122°F (sensor only)
Operating Pressure Range	Atmospheric ± 10%
Operating Humidity Range	5% to 95% RH non-condensing
Intrinsic Safety Data	
Maximum at 1000ppm	< 0.14 mA
Maximum o/c Voltage	< 1.2 V
Maximum s/c Current	< 100 mA
Lifetime	
Long Term Output Drift	< 5% per 6 months
Expected Operating Life	Cold Storage: 3-4 years in average conditions Engine Room: 2-3 years in average conditions
Storage Life	6 months in sealed container
Standard Warranty	Three years from date of shipment



Cross-sensitivity Data

While Honeywell cells are designed to be highly specific to the gas they are intended to measure, they will still respond to some degree to certain gases. The table below is not exclusive and other gases not included in the table may still cause a sensor to react.

Gas	Concentration Used (ppm)	Reading (ppm)
Carbon Dioxide CO ₂	5000	0
Ethylene C ₂ H ₄	200	0
Carbon Monoxide CO	50	13
Hydrogen Sulfide H ₂ S	10	47
Sulfur Dioxide SO ₂	20	16
Iso-Propanol C ₃ H ₇ OH	11000	21
Hydrogen H ₂	3000	141
Methane CH ₄	18500	0
Ozone O ₃	0.25	-1
Chlorine Cl ₂	10	-20

The cross-sensitivity values quoted are based on tests conducted on a small number of sensors. They are intended to indicate sensor response to gases other than the target gas. Sensors may behave differently with changes in ambient conditions and may show some variation from the values quoted.



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09